

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
Національний науковий центр  
«Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова»

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**Самофалов Михайло Олександрович**

УДК 634.836.1:631.532:581.522.4

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРИЙОМІВ**  
**АДАПТАЦІЇ МІКРОКЛОНІВ ВІНОГРАДУ ДО УМОВ *IN VIVO***

203 – Садівництво та виноградарство

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів має посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ М. О. Самофалов

Науковий керівник: Зеленянська Наталя Миколаївна

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

## АНОТАЦІЯ

**Самофалов М. О. Теоретичне обґрунтування та розробка прийомів адаптації мікроклонів винограду до умов *in vivo*.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 203 «Садівництво та виноградарство». Галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство. – Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України, Одеса, 2026.

Адаптація мікроклонів винограду є одним із найвідповідальніших етапів технології мікроклонального розмноження винограду. Мікроклони, вирощені в умовах *in vitro*, характеризуються недосконалими фізіологічними характеристиками та зниженою стійкістю до факторів зовнішнього середовища – кутикула тонка або відсутня, продиховий апарат неактивний, система регуляції водного балансу порушена, а фотосинтетичний апарат реагує на зміну освітлення та вологості під впливом стресу. Через це навіть незначне зниження вологості чи зміна температури призводить до швидкої втрати тургору і в'янення рослин – до 70–80 %. Тому для успішної адаптації мікроклонів винограду до умов *in vivo* ще у процесі їх культивування *in vitro* необхідно, з одного боку, забезпечити оптимальні фізичні параметри – правильно дібране поживне середовище або субстрат, стабільну вологість та вентиляцію повітря, відповідний рН поживного середовища (субстрату) та фактори, що зменшують стресовий вплив різкого переходу рослин з контрольованих умов *in vitro* в неконтрольовані умови *in vivo*. З іншого боку, рослини повинні ще в умовах *in vitro* сформувати такий фізіолого-біохімічний стан, який забезпечить їхню здатність реагувати на зміну вологості, освітлення та температури. Тобто, умови культивування *in vitro* необхідно оптимізувати так, щоб мікроклональні рослини характеризувалися високою стійкістю до абіотичного стресу і без значних втрат проходили етап

адаптації.

Метою дослідження було встановлення особливостей морфогенезу мікроклонів підщепних і технічних сортів винограду після культивування на різних типах поживних середовищ, мінеральних субстратів *in vitro* для підвищення їх адаптаційної здатності в умовах *in vivo*.

Експериментальні дослідження проводили протягом 2019–2022 рр. у відділі розсадництва, розмноження та біотехнології винограду Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України.

Роботу проводили на підщепних («Добриня», «Гарант») та технічних («Ярило», «Загрей») сортах винограду.

Схема дослідження передбачала проведення двох дослідів. У першому досліді вивчали вплив складу поживних середовищ, у другому – вплив різних поживних субстратів на ріст, розвиток і фізіолого-біохімічний стан мікроклонів винограду. Контрольними були варіанти, де рослини культивували на стандартних поживних середовищах Мурасіге і Скуга (MS) з різним вмістом фітогормонів (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП – контроль 1; 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП – контроль 2).

У процесі виконання дослідження визначали: регенераційних показників ініціальних експлантів винограду, біометричних показників росту, розвитку вегетативної надземної маси та кореневої системи мікроклонів винограду, фізіолого-біохімічних показників тканин листків, пагонів та коренів мікроклонів винограду, показників формування продихового апарату нижнього епідермісу листкових пластинок. Для оцінки достовірності отриманих результатів застосовували багатофакторний дисперсійний аналіз.

*Наукова новизна.* Вперше встановлено вплив різних поживних середовищ і мінеральних субстратів на основні фізіолого-біохімічні показники листків, пагонів і коренів мікроклонів підщепних і технічних сортів винограду *in vitro*; охарактеризовано формування продихового апарату мікроклонів винограду *in vitro* та *in vivo* і його роль в адаптації рослин;

визначено взаємозв'язок між регенераційними, морфолого-анатомічними, біометричними та фізіолого-біохімічними характеристиками мікроклонів і умовами їх культивування; доведено вплив модифікованих поживних середовищ і типів субстратів на формування морфогенетичних показників та подальшу життєздатність мікроклонів у процесі адаптації.

*Удосконалено* етапи культивування мікроклонів винограду *in vitro* шляхом зміни фітогормонального складу середовищ MS, використання Радіфарму, Clonex gel та мінеральних структуроутворювальних компонентів (агроперліт, вермикуліт, їх суміш); підхід до оцінювання адаптаційного потенціалу мікроклонів винограду на основі комплексу морфогенетичних і фізіолого-біохімічних показників.

*Набули подальшого розвитку* дослідження щодо впливу умов культивування на регенераційні властивості винограду *in vitro* та отримання мікроклонів з оптимальними біометричними характеристиками; обґрунтування економічної ефективності практичного застосування удосконалених технологічних прийомів культивування винограду *in vitro*.

На основі отриманих результатів встановлено закономірності формування регенераційної здатності, біометричних, фізіолого-біохімічних і анатомічних показників мікроклонів винограду на етапі культивування *in vitro* та їх вплив на адаптацію рослин *in vivo*.

Доведено, що застосування оптимізованих поживних середовищ на основі MS зі зменшеним вмістом фітогормонів (0,3 мг/л ІОК і 0,2 мг/л 6-БАП) та у поєднанні з біологічно активними препаратами (Радіфарм (2,5 мл/л) і Clonex gel) і структуроутворювальними компонентами (агроперліт, вермикуліт та їх суміш) супроводжувалося інтенсифікацією регенераційної здатності ініціальних експлантів, покращенням водного режиму вегетативної надземної маси і кореневої системи, підвищенням вмісту сухих речовин і фотосинтетичних пігментів, збільшенням водоутримувальної здатності тканин, зменшенням інтенсивності транспірації, перебудовою продихового апарату, інтенсивним розвитком вегетативної

надземної маси та формуванням розгалуженої кореневої системи мікроклонів винограду.

Унаслідок цього приживлюваність таких мікроклонів винограду (дослід 1) через 30, 60 та 90 діб адаптації в умовах *in vivo* дорівнювала в середньому 78,0 %, 66,5 % та 61,2 %, що у 1,4–2,0 раза перевищувало контрольні показники.

Встановлено, що культивування мікроклонів винограду на чистих поживних мінеральних субстратах (агроперліт, вермикуліт та агроперліт + вермикуліт (1:1)) забезпечувало формування рослин із високим адаптаційним потенціалом, насамперед за рахунок інтенсивного розгалуження кореневої системи, оптимізації водного режиму, збільшення водоутримувальної здатності, вмісту сухих речовин, фотосинтетичних пігментів, оптимізації роботи продигового апарату та зниження інтенсивності транспірації.

У результаті, приживлюваність таких мікроклонів винограду в умовах *in vivo* (дослід 2) через 30, 60 та 90 діб адаптації була найбільшою і дорівнювала в середньому 76,0 %, 67,8 % та 64,1 %, що у 1,5–2,3 раза перевищувало контрольні показники.

Для оцінки достовірності отриманих результатів та визначення ключових факторів культивування мікроклонів винограду *in vitro*, під впливом яких формується адаптаційний потенціал рослин, було проведено статистичний аналіз. Згідно зі схемою дослідження, у першому досліді основними факторами, які впливали на показники, які вивчали, були: «сорт винограду» (фактор 1), «вміст фітогормонів» (ІОК і 6-БАП) (фактор 2) та додаткові компоненти поживного середовища (БАП, агроперліт, вермикуліт) (фактор 3). У другому досліді – це «сорт винограду» (фактор 1), «тип поживних мінеральних субстратів» (фактор 2).

Дисперсійний аналіз експериментальних даних підтвердив, що для культивування мікроклонів винограду на поживних середовищах основним фактором впливу для більшості показників були додаткові компоненти поживного середовища MS. Показник проліферації пазушних бруньок

залежав від цього фактора на 74,62 %, ризогенез ініціальних експлантів – на 42,44 %, біометричні показники вегетативної надземної маси – на 23,20–62,90 %, кореневої системи – на 53,43–87,58 %, водний режим і вміст сухих речовин вегетативної маси – на 50,01–88,66 %, водоутримувальна здатність та інтенсивність транспірації – на 28,96–52,79 %, пігментний комплекс – на 79,11 %, анатомічні показники продихового апарату – на 33,10–88,86 %.

Для культивування мікроклонів винограду на поживних мінеральних субстратах основним фактором впливу був фактор «тип поживних мінеральних субстратів», який оцінювався в межах 79,77–86,60 % (регенераційні показники ініціальних експлантів), 51,36–97,33 % (біометричні показники вегетативної маси), 43,07–91,86 % (показники водного режиму, вмісту сухих речовин вегетативної маси), 28,78–81,20 % (фізіолого-біохімічні та анатомічні показники). Експериментальна похибка була низькою – 0,02–29,68 %, що підтверджує високу достовірність отриманих результатів.

Економічна оцінка удосконалених прийомів культивування винограду *in vitro* є важливою складовою роботи, оскільки дає змогу не лише біологічний ефект, а й показати, наскільки ці рішення виправдані з погляду на виробництво. Показано, що основні показники економічної ефективності розроблених, удосконалених прийомів культивування винограду *in vitro* залежали від рівня приживлюваності мікроклонів винограду в умовах *in vivo*. Найбільший економічний ефект забезпечували протоколи з використанням структурованих поживних середовищ та мінеральних субстратів, де чистий прибуток дорівнював 15871,0–48840,4 грн на 1000 адаптованих мікроклонів, а рівень рентабельності – 75,0–145,7 %, що було суттєво більше за відповідні показники контрольних варіантів, які були малоефективними або збитковими.

**Ключові слова:** виноград, сорти винограду, *in vitro*, мікророзмноження, мікроклони, ініціальні експланти, поживне середовище, фітогормони, проліферація, ризогенез, приживлюваність, фізіологічні показники, ріст і розвиток, продиховий апарат, адаптація *in vivo*.

## SUMMARY

**Samofalov M.O. Theoretical justification and development of methods for adapting grape microclones to *in vivo* conditions.** – Qualification scientific work submitted as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 203 Horticulture and Viticulture (20 Agrarian Sciences and Food). – National Scientific Center "V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking" of the NAAS of Ukraine, Odesa, 2026.

The process of adapting grape microclones represents a pivotal stage in the technology of microclonal propagation of grapes. *In vitro* microclones demonstrate impaired physiological characteristics and diminished resistance to environmental factors. These include a thin or absent cuticle, an inactive stomatal apparatus, a disrupted water balance regulatory system, and an altered photosynthetic apparatus that responds to changes in light and humidity under stress. Consequently, even a minor alteration in humidity or temperature can precipitate a swift decline in turgor, ultimately resulting in plant wilting, which can reach up to 70–80 %.

It is imperative to ascertain that the successful adaptation of grape microclones to *in vivo* conditions is contingent upon the optimisation of physical parameters during their *in vitro* cultivation. Such parameters encompass the selection of a suitable nutrient medium or substrate, the maintenance of stable humidity and air ventilation, the establishment of an appropriate pH of the nutrient medium (substrate), and the mitigation of stress factors that precipitate a sudden transition of plants from controlled *in vitro* conditions to uncontrolled *in vivo* conditions. Conversely, plants must adopt a physiological and biochemical state *in vitro* that enables them to respond to changes in humidity, lighting, and temperature. In other words, the cultivation conditions *in vitro* must be optimized so that microclonal plants exhibit high levels of resistance to abiotic stress and undergo the adaptation stage without significant losses.

The aim of the study was to establish the characteristics of the

morphogenesis of microclones of rootstock and technical grape varieties after cultivation on different types of nutrient media and mineral substrates *in vitro* to increase their adaptability *in vivo*.

Experimental studies were conducted during 2019–2022 at the Department of Seedling Production, Propagation, and Biotechnology of Grapes at the National Scientific Center "V. E. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking" of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

The work was carried out on rootstock ("Dobrynya", "Garant") and technical ("Yarilo", "Zagrey") grape varieties.

The research plan included two experiments. The first experiment examined the effect of nutrient media composition, while the second examined the effects of different nutrient substrates on the growth, development, and physiological and biochemical state of grape microclones. The control variants were those in which plants were cultivated on standard Murashige and Skoog (MS) nutrient media with different phytohormone concentrations (0,3 mg/l IAA, 0,2 mg/l 6-BAP – control 1; 0,6 mg/l IAA, 0,5 mg/l 6-BAP – control 2).

During the study, the following parameters were determined: regeneration indicators of initial grape explants, biometric indicators of growth, development of vegetative above-ground mass and root system of grape microclones, physiological and biochemical indicators of leaf tissues, shoots, and roots of grape microclones, and indicators of the formation of the stomatal apparatus of the lower epidermis of leaf blades. Multivariate analysis of variance was used to assess the reliability of the results obtained.

*Scientific novelty.* For the first time, the influence of different nutrient media and mineral substrates on the main physiological and biochemical indicators of leaves, shoots, and roots of rootstock and technical grape microclones *in vitro* was established; the formation of the stomatal apparatus of grape microclones *in vitro* and *in vivo* and its role in plant adaptation were characterized; the relationship between the regenerative, morphological-anatomical, biometric, and physiological-biochemical characteristics of microclones and the conditions of their cultivation

was determined; the influence of modified nutrient media and substrate types on the formation of morphogenetic indicators and the subsequent viability of microclones in the adaptation process has been proven.

The stages of *in vitro* cultivation of grape microclones *have been improved* by altering the phytohormonal composition of MS media, using Radifarm and Clonex gel, and adding mineral structuring components (agroperlite, vermiculite, and their mixture). An approach to assessing the adaptive potential of grape microclones based on a complex of morphogenetic and physiological-biochemical indicators has been developed.

*Further development* of research on the influence of cultivation conditions on the regenerative properties of grapes *in vitro* and the production of microclones with optimal biometric characteristics; justification of the economic efficiency of the practical application of improved technological methods of *in vitro* grape cultivation.

Based on the results obtained, the patterns of formation of the regenerative capacity, as well as the biometric, physiological, biochemical, and anatomical indicators of grape microclones at the stage of *in vitro* cultivation, and their influence on plant adaptation *in vivo* were established.

It has been proven that the use of optimized MS-based nutrient media with reduced phytohormone content (0,3 mg/l IAA and 0,2 mg/l 6-BAP) in combination with biologically active preparations (Radifarm (2,5 ml/l) and Clonex gel) and structuring components (agroperlite, vermiculite, and their mixture) was accompanied by an intensification of the regenerative capacity of the initial explants, an improvement in the water regime of the vegetative aboveground mass and root system, an increase in the content of dry matter and photosynthetic pigments, an increase in the water-retention capacity of tissues, a decrease in transpiration intensity, a restructuring of the stomatal apparatus, intensive development of the vegetative above-ground mass, and the formation of a branched root system of grape microclones.

As a result, the survival rate of such grape microclones (experiment 1) after

30, 60, and 90 days of adaptation *in vivo* was 78.0 %, 66.5 %, and 61.2 %, which was 1,4–2,0 times higher than the control values.

It has been established that the cultivation of grape microclones on pure mineral nutrient substrates (agroperlite, vermiculite, and agroperlite + vermiculite (1:1)) ensured the formation of plants with high adaptive potential, primarily due to the intensive branching of the root system, optimization of the water regime, increased water retention capacity, dry matter content, photosynthetic pigments, optimization of the stomatal apparatus, and reduced transpiration intensity.

As a result, the survival rate of such grape microclones *in vivo* (experiment 2) after 30, 60, and 90 days of adaptation was the highest and ranged from 64.1 % to 76.0 %, which was 1,5–2,3 times higher than the control values.

To assess the reliability of the results and identify key factors influencing the adaptive potential of grape microclones *in vitro*, a statistical analysis was performed. According to the research design, in the first experiment, the main factors influencing the studied indicators were: grape variety (factor 1), phytohormone content (IAA and 6-BAP) (factor 2), and additional components of the nutrient medium (BAP, agroperlite, vermiculite) (factor 3). In the second experiment, these were grape variety (factor 1) and type of mineral nutrient substrates (factor 2).

Dispersion analysis of experimental data confirmed that for the cultivation of grape microclones on nutrient media, the main influencing factor for most indicators was the additional components of the MS nutrient medium. The proliferation rate of axillary buds depended on this factor by 74.62 %, rhizogenesis of initial explants – by 42.44 %, biometric indicators of vegetative above-ground mass – by 23.20–62.90 %, root system – by 53.43–87.58 %, water regime and dry matter content of vegetative mass – by 50.01–88.66 %, water retention capacity and transpiration intensity – by 28.96–52.79 %, pigment complex – by 79.11 %, anatomical indicators of the stomatal apparatus – by 33.10–88.86 %.

For the cultivation of grape microclones on nutrient mineral substrates, the main influencing factor was the type of nutrient mineral substrates, which was

estimated at 79.77–86.60 % (regeneration indicators of initial explants), 51.36–97.33 % (biometric indicators of vegetative mass), 43.07–91.86 % (indicators of water regime, dry matter content of vegetative mass), 28.78–81.20 % (physiological, biochemical, and anatomical indicators). The experimental error was low, ranging from 0.02 to 29.68 %, confirming the high reliability of the results.

The economic assessment of improved methods of *in vitro* grape cultivation is an important part of the work, as it allows not only to establish the biological effects but also to demonstrate the justification of these solutions from a production point of view. It has been shown that the main indicators of the economic efficiency of the developed, improved methods of *in vitro* grape cultivation depended on the level of survival of grape microclones *in vivo*. The greatest economic effect was achieved by protocols using structured nutrient media and mineral substrates, where the net profit was 39,390.4–48,840.4 UAH per 1,000 adapted microclones, and the profitability level was 75.0–145.7 %, which was significantly higher than the corresponding indicators of the control variants, which were ineffective or unprofitable.

**Keywords:** grapes, grape varieties, *in vitro*, micropropagation, microclones, initial explants, nutrient medium, phytohormones, proliferation, rhizogenesis, survival rate, physiological indicators, growth and development, stomatal apparatus, *in vivo* adaptation.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України

1. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Регенераційна здатність підщепних і технічних сортів винограду в культурі тканин і органів *in vitro*. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 67–76. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.10>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, статистична обробка даних, написання статті).
2. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Підвищення адаптивності мікроклонів винограду в умовах *in vitro*. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 25–31. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.3>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, написання статті).
3. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив умов культивування мікроклонів винограду *in vitro* на їх приживлюваність *in vivo*. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 64–71. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.8>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, написання статті).

### Статті у науковому фаховому виданні України, проіндексованому в базах даних Scopus

4. Zelenianska N. M., Ishchenko I. O., Samofalov M. O. Influence of nutrient media on the physiological parameters of grape microclones. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 6, No. 26. P. 71–84. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.7>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, статистична обробка результатів).

### Статті в іншому науковому виданні

5. Zelenianskaya N. N., Samofalov M. O. Manifestation of the regenerative ability of rootstock and technical variety of grapes (*Vitis vinifera* L.) on mineral substrates *in vitro* conditions. *Colloquium-journal*. 2022. Vol. 19, No. 142. P. 34–37. DOI: <https://doi.org/10.24412/2520-6990-2022-19142-34-37>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, написання статті).

### Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Визначення основних фізіолого-біохімічних показників мікроклонів винограду. *Розвиток наукових міжгалузевих досліджень* : матеріали наук.-практ. конф., (Вінниця, 26–27 листопада 2021 р.). Херсон, 2021. С. 32–35. URL: <http://molodyvcheny.in.ua/ua/conf/sociol/archive/1622/>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення).

7. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Особливості росту та розвитку мікроклонів винограду на модифікованих поживних середовищах. *The Globalization of Scientific Knowledge : Theoretical and Practical Research* : conf. proceedings. (Рига, 17–18 грудня 2021 р.). Рига, 2021. С. 15–19. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-164-0-5>. (Особистий внесок Самофалова М. О. : аналіз літературних джерел, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, підготовка матеріалу до публікації).

8. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Регенераційний потенціал різних сортів винограду в культурі тканин і органів *in vitro*. *The latest scientific achievements in the modern agro-industrial complex* : conf. proceedings. (Люблін, 28–29 грудня 2021 р.). Рига, 2021. С. 52–56. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-184-8-12>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, підготовка матеріалу до публікації).

9. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Визначення регенераційної здатності винограду *in vitro*. *International scientific innovations in human life : The 7th Int. sci.-pract. conf.* (Манчестер, 19–21 січня 2022 р.). Манчестер, 2022. С. 20–28. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2022/01/INTERNATIONAL-SCIENTIFIC-INNOVATIONS-IN-HUMAN-LIFE-19-21.01.22.pdf>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: вивчення наукових джерел, отримання та обробка експериментальних даних, їх узагальнення, підготовка результатів до публікації).
10. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив модифікованого поживного середовища на розвиток вегетативної маси мікроклонів винограду. *InterConf. Scientific Collection, (101) : with the Proceedings of the 11th Int. sci.-pract. conf. «Scientific Research in XXI Century».* (Копенгаген, 26–28 лютого 2022 р.). Копенгаген, 2022. С. 868–876. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/issue/view/26-28.02.2022/720>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, підготовка зразків для роботи, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, підготовка матеріалу до публікації).
11. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив модифікованого поживного середовища на розвиток кореневої системи мікроклонів винограду. *InterConf. Scientific Collection, (101) : with the Proceedings of the 11th Int. sci.-pract. conf. «Scientific Research in XXI Century».* (Оттава, 6–8 березня 2022 р.). Оттава, 2022. С. 330–338. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/18816>. (Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, підготовка зразків для роботи, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, підготовка матеріалу до публікації).
12. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Способи адаптації мікроклонів винограду. *Modern research in world science : The 2nd Int. sci.-pract. conf.* (Львів, 15–17 травня 2022 р.). Львів, 2022. С. 39–43. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2022/05/MODERN-RESEARCH-IN-WORLD->

SCIENCE-15-17.05.22.pdf. (*Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, проведення технологічної роботи з адаптації мікроклонів, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, підготовка матеріалу до публікації*).

13. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Удосконалення окремих технологічних етапів розмноження винограду *in vitro*. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали X Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (Центральне, 29 квітня 2022 р.). Київ, 2022. С. 95. URL: <http://confer.uisr.sops.gov.ua/miron2022/paper/viewFile/26209/14883>.

(*Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, проведення технологічної роботи по культивуванню мікроклонів, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, підготовка матеріалу до публікації*).

14. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Спосіб підвищення приживлюваності мікроклонів винограду в умовах *in vivo*. *Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату* : матеріали Всеукр. наук. інтернет-конф. (Умань, 22 червня 2022 р.). Умань, 2022. С. 26–29. URL: <https://biology.udau.edu.ua/assets/files/praci/zbirnik-konferencii-22.06.2022.pdf>.

(*Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, проведення технологічної роботи з адаптації мікроклонів, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, підготовка матеріалу до публікації*).

15. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Спосіб підвищення приживлюваності ініціальних експлантів та мікроклонів винограду. *Recent Advances in Scientific World* : Proceedings of the 2nd Int. sci.-pract. conf. (Монтрепрей, 6–8 серпня 2022 р.). Монтрепрей, 2022. С. 189–194. URL: [https://archive.interconf.center/index.php/conference-](https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/1088/1114)

[proceeding/article/view/1088/1114](https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/1088/1114). (*Особистий внесок Самофалова М. О.: аналіз літературних джерел, проведення технологічної роботи з адаптації*

мікроклонів, отримання експериментальних даних, їх аналіз та узагальнення, підготовка матеріалу до публікації).

16. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Розвиток вегетативної маси мікроклонів винограду на поживних середовищах та мінеральних субстратах. *Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food : conf. proceedings.* (Рига, 30–31 серпня 2022 р.). Рига, 2022. С. 26–29. URL: <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/252/7079/14745-1>.

(Особистий внесок Самофалова М. О.: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів досліджень).

17. Zelenianska N. M., Samofalov M. O. Development of the root system of grape microclones on mineral nutrient substrates. *Şuşa və ətraf ərazilərin biomüxtəlifliyi, torpaq və su ehtiyatları: gələcəyə baxış : beynəlxalq konfransın materialları.* (Şuşa, 22–24 sentyabr 2022-ci il). Bakı, 2022. Səh. 135–136. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Fakhraddin-](https://www.researchgate.net/profile/Fakhraddin-Karimov/publication/376487142AZRBAYCANIN_QARABAG_V_SRQI_ZNGZUR_IQTISADI_RAYONLARINDA_YASIL_ENERGETIKANIN_INKISAFI_IMKANLARININ_QIYMTLNDIRILMSI/links/657aa831ea5f7f02056d5b43/AZRBA_YCANIN-QARABAG-V-SRQI-ZNGZUR-IQTISADI-RAYONLARINDA-YASIL-ENERGETIKANIN-INKISAFI-IMKANLARININ-QIYMTLNDIRILMSI.pdf)

Karimov/publication/376487142AZRBAYCANIN\_QARABAG\_V\_SRQI\_ZNGZUR\_IQTISADI\_RAYONLARINDA\_YASIL\_ENERGETIKANIN\_INKISAFI\_IMKANLARININ\_QIYMTLNDIRILMSI/links/657aa831ea5f7f02056d5b43/AZRBA\_YCANIN-QARABAG-V-SRQI-ZNGZUR-IQTISADI-RAYONLARINDA-YASIL-ENERGETIKANIN-INKISAFI-IMKANLARININ-

QIYMTLNDIRILMSI.pdf. (Особистий внесок Самофалова М. О.: отримання експериментальних даних, аналіз та узагальнення результатів досліджень).

## ЗМІСТ

|   |     |
|---|-----|
| ВСТУП.....  | 21  |
| РОЗДІЛ 1. МІКРОКЛОНАЛЬНЕ РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН, ЙОГО ЕТАПИ<br>(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....                      | 30  |
| 1.1. Відбір, стерилізація та введення ініціальних експлантів у культуру<br><i>in vitro</i> .....        | 31  |
| 1.2. Проліферація пазушних бруньок ініціальних експлантів та<br>формування пагонів.....                 | 34  |
| 1.3. Укорінення (ризогенез) ініціальних експлантів та формування<br>кореневої системи мікроклонів ..... | 40  |
| 1.4. Постасептична адаптація рослин <i>in vitro</i> .....   | 47  |
| 1.5. Особливості перебігу фізіолого-біохімічних процесів рослин в умовах<br><i>in vitro</i> .....       | 53  |
| 1.6. Особливості анатомічної будови листкових пластинок рослин в умовах<br><i>in vitro</i> .....        | 64  |
| Висновки до розділу 1.....  | 66  |
| РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ<br>ДОСЛІДЖЕННЯ .....                                      | 72  |
| 2.1. Об’єкти та схеми дослідження.....  | 72  |
| 2.2. Обліки, аналізи і методи дослідження.....  | 75  |
| 2.3. Характеристика матеріалів використаних у роботі .....  | 77  |
| 2.4. Умови проведення дослідження .....   | 78  |
| Висновки до розділу 2.....  | 79  |
| РОЗДІЛ 3. РЕГЕНЕРАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ІНІЦІАЛЬНИХ ЕКСПЛАНТІВ<br>ВИНОГРАДУ <i>IN VITRO</i> .....             | 82  |
| 3.1. Приживлюваність .....  | 82  |
| 3.2. Проліферація пазушних бруньок .....  | 89  |
| 3.3. Ризогенез.....   | 95  |
| Висновки до розділу 3.....  | 101 |

|   |     |
|---|-----|
| РОЗДІЛ 4. БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСТУ І РОЗВИТКУ<br>МІКРОКЛОНІВ ВИНОГРАДУ <i>IN VITRO</i> .....   | 104 |
| 4.1. Вегетативна надземна маса.....   | 104 |
| 4.2. Коренева система.....  | 118 |
| Висновки до розділу 4.....  | 130 |
| РОЗДІЛ 5. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МІКРОКЛОНІВ<br>ВИНОГРАДУ <i>IN VITRO</i> .....   | 136 |
| 5.1. Вегетативна надземна маса.....   | 136 |
| 5.1.1. Водний режим та вміст сухих речовин.....   | 136 |
| 5.1.2. Інтенсивність транспірації .....   | 148 |
| 5.1.3. Пігментний комплекс листків та пагонів.....  | 152 |
| 5.2. Коренева система.....  | 167 |
| 5.2.1. Водний режим та вміст сухих речовин.....   | 167 |
| Висновки до розділу 5.....  | 173 |
| РОЗДІЛ 6. ПОКАЗНИКИ АНАТОМІЧНОЇ БУДОВИ ПРОДИХОВОГО<br>АПАРАТУ НИЖНЬОГО ЕПІДЕРМІСУ ЛИСТКІВ МІКРОКЛОНІВ<br>ВИНОГРАДУ В УМОВАХ <i>IN VITRO</i> ТА <i>IN VIVO</i> ..... | 180 |
| 6.1. Умови <i>in vitro</i> .....  | 180 |
| 6.2. Умови <i>in vivo</i> .....   | 197 |
| Висновки до розділу 6.....  | 203 |
| РОЗДІЛ 7. ПРИЖИВЛЮВАНІСТЬ МІКРОКЛОНІВ ВИНОГРАДУ В<br>УМОВАХ <i>IN VIVO</i> .....  | 208 |
| Висновки до розділу 7.....  | 222 |
| РОЗДІЛ 8. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО<br>ДОСЛІДЖЕННЯ .....  | 225 |
| Висновки до розділу 8.....  | 234 |
| РОЗДІЛ 9. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНИХ<br>ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ КУЛЬТИВУВАННЯ ВИНОГРАДУ <i>IN VITRO</i><br>.....  | 240 |
| Висновки до розділу 9.....  | 251 |

|  |     |
|--|-----|
| ВИСНОВКИ .....   | 255 |
| ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ<br>НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 264 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....   | 268 |
| ДОДАТКИ.....   | 302 |

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

MS – поживне середовище Мурасіге і Скуга

ІОК – індоліл-3-оцтова кислота

ІМК – індоліл-масляна кислота

6-БАП – 6-бензиламінопурин

БАП – біологічно активні препарати

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасне виноградарство потребує високоякісного, здорового та генетично стабільного садивного матеріалу, який є основою для закладання нових насаджень і комплексної реконструкції галузі виноградарства. Одним із ефективних способів його отримання є метод мікроклонального розмноження, який забезпечує швидке відтворення цінних, перспективних форм, сортів, клонів винограду.

Технологія вирощування рослин *in vitro* складається з чітко визначених етапів: відбір, стерилізація, введення ініціальних експлантів у культуру *in vitro*, проліферація пазушних бруньок і ризогенез ініціальних експлантів, укорінення мікрочубуків та власне мікророзмноження, адаптація мікроклональних рослин до умов *in vivo*.

Кінцевим етапом у цій технології є адаптація рослин до нестерильних, неконтрольованих умов довкілля. Саме на цьому етапі гине чи ушкоджується найбільша кількість рослин. Це пов'язано з тим, що в культурі *in vitro* рослини перебувають в умовах, які відрізняються від природних за багатьма фізико-хімічними параметрами: світловим, водним, температурним режимами, газовим складом повітря усередині культуральних ємностей, консистенцією поживного середовища, дотриманням режиму стерильності та ін. [269]. Усі ці умови в комплексі призводять до зміни морфо-анатомічних показників, перебігу фізіолого-біохімічних процесів та функціональних змін рослин *in vitro*. Зокрема, ці рослини, у т. ч. і виноград, характеризуються недорозвиненою восковою кутикулою листків, пошкодженим продиховим апаратом, слабкою фотосинтетичною активністю, вітрифікацією, слабким судинним зв'язком між коренем та пагоном, нерозгалуженою кореневою системою та недорозвиненими кореневими волосками [13, 41]. Тому для успішної адаптації мікроклональних рослин до умов *in vivo* необхідно, по-перше, забезпечити низку оптимальних фізичних чинників (оптимальне поживне середовище чи субстрат, вологість повітря, вентиляція, кислотно-

лужний баланс (рН) та ін.), по-друге, рослини повинні перебувати в такому морфо-анатомічному та фізіолого-біохімічному стані, щоб поступово адаптувалися до нових, неконтрольованих умов навколишнього середовища. Тобто ще на етапі культивування рослин в умовах *in vitro* необхідно створювати оптимальні умови росту та розвитку, які сприятимуть формуванню мікроклональних рослин з високим адаптаційним потенціалом до неконтрольованих, нестерильних умов.

За останні роки було проведено багато досліджень щодо розмноження винограду в культурі тканин та органів *in vitro*. У цих дослідженнях основну увагу приділяли визначенню оптимального типу вихідного матеріалу винограду для введення у культуру тканин і органів *in vitro*, способам стерилізації ініціальних експлантів, розробці штучних поживних субстратів, дослідженню залежності процесів морфогенезу винограду *in vitro* від спектрального складу світла культуральних приміщень [55, 69, 60, 17], удосконаленню методу культури недозрілих насінневих зародків винограду, пошуку нових гелеутворювальних речовин та розробці на їх основі поживних середовищ, прийомам індукції множинних пагонів у культурі *in vitro* [55, 60], розробці експрес-методу стійкості винограду *in vitro* до посухи та засолення [9, 17], визначенню ефективності нових екзогенних регуляторів росту рослин на основних етапах розмноження винограду *in vitro*, розробці прийомів адаптації вегетативної надземної маси і кореневої системи мікроклонів винограду до умов *in vivo* (добір оптимальних субстратів, антитранспірантів, гідроабсорбентів та ін.) [69, 88, 95, 96, 139, 187, 9, 17, 152, 94, 61, 153].

Водночас питання, що стосуються особливостей формування регенераційного потенціалу ініціальних експлантів винограду, розвитку вегетативної надземної маси та кореневої системи мікроклонів, будови нижнього епідермісу їх листкових пластинок, визначення показників основних фізіолого-біохімічних процесів в умовах *in vitro*, а також встановлення чинників, що забезпечують їх оптимізацію для подальшої успішної адаптації мікроклональних рослин винограду до умов *in vivo*,

висвітлено недостатньо або зовсім не розкрито. Наявні літературні джерела лише частково розкривають ці питання і не містять узагальнених даних щодо морфологічних особливостей та фізіолого-біохімічного стану вегетативних органів мікроклонів винограду. Дослідження, присвячені адаптації мікроклональних рослин винограду в умовах *in vivo*, проводили, однак отримані результати є розрізненими, суперечливими та недостатньо інформативними. У зв'язку з цим пошук оптимальних прийомів, спрямованих на підвищення приживлюваності мікроклонів винограду в умовах *in vivo*, набуває важливого теоретичного значення для розроблення стабільної технології виробництва оздоровленого садивного матеріалу. Особливо актуальним є комплексне дослідження морфолого-анатомічних та фізіолого-біохімічних показників розвитку мікроклонів у різних умовах культивування, що дасть змогу обґрунтувати біологічні закономірності їх адаптації.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційне дослідження є складовою частиною науково-дослідної роботи відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України за завданням 21.00.03.02. Ф «Розробити та теоретично обґрунтувати шляхи оптимізації умов вегетації маточних насаджень та щеплених саджанців винограду для одержання садивного матеріалу з високим адаптаційним потенціалом» (номер державної реєстрації 0111U001164) у рамках ПНД НААН № 2. Адаптація виноградарства і виноробства України до змін клімату та вимог збереження ресурсів і стану навколишнього середовища в умовах посилення світових інтеграційних процесів («Виноградарство і виноробство»), за завданням 23.00.02.02.Ф. «Наукові основи прояву регенераційної здатності винограду та шляхи її підвищення у процесі виробництва садивного матеріалу категорій "базовий" і "сертифікований"» (номер державної реєстрації 0121U107839) у рамках ПНД НААН № 23 «Розвиток виноградарства і виноробства» (Виноградарство і

виноробство).

**Мета і завдання дослідження.** **Мета дослідження** – встановити особливості морфогенезу мікроклонів підщепних і технічних сортів винограду після культивування на різних типах поживних середовищ, мінеральних субстратів *in vitro* для підвищення їх адаптаційної здатності в умовах *in vivo*.

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв’язати такі завдання:

1. Визначити вплив модифікованих поживних середовищ та мінеральних субстратів для культивування в умовах *in vitro* на:

- ✓ регенераційні показники ініціальних експлантів винограду;
- ✓ основні фізіолого-біохімічні показники тканин вегетативної надземної маси та кореневої системи мікроклонів винограду;
- ✓ показники анатомічної будови продихового апарату нижнього епідермісу листової пластинки мікроклонів винограду *in vitro* та *in vivo*;
- ✓ біометричні показники росту і розвитку вегетативної надземної маси та кореневої системи мікроклонів винограду;
- ✓ приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo*.

2. Встановити частку впливу умов культивування *in vitro* на морфофункціональні характеристики мікроклонів винограду на етапі передадаптації та визначити їх взаємозв’язок із приживлюваністю рослин в умовах *in vivo*.

3. Провести економічну оцінку розробленим технологічним прийомам культивування винограду *in vitro*.

*Об’єкт дослідження* – технологічні прийоми культивування винограду *in vitro*, процес адаптації мікроклонів винограду до умов *in vivo*.

*Предмет дослідження* – морфогенез ініціальних експлантів, мікроклонів винограду на етапі передадаптації *in vitro* за різних умов культивування, життєздатність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* та її залежність від особливостей їх морфогенезу.

**Методи дослідження.** У дослідженні було застосовано комплекс загальноприйнятих у виноградному розсадництві методів:

- *біотехнологічні* – для встановлення особливостей культивування та розвитку мікроклонів винограду *in vitro*;
- *фізіологічні та біохімічні* – для визначення показників водного режиму, пігментного комплексу, рівня інтенсивності транспірації мікроклонів винограду;
- *анатомічні* – для визначення особливостей формування продихового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду;
- *агробіологічні* – для оцінки показників та динаміки росту вегетативної маси мікроклонів винограду;
- *порівняльно-розрахункові* – для економічної оцінки культивування мікроклонів винограду *in vitro* за різних умов;
- *дисперсійного аналізу* – для статистичної обробки отриманих експериментальних даних.

**Наукова новизна.** Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи розкривається у таких положеннях.

*Вперше:*

- встановлено та охарактеризовано закономірності впливу різних типів поживних середовищ і мінеральних субстратів на ключові фізіологічні (рівень загального обводнення, кількість легкоутримуваної води, водоутримувальну здатність, інтенсивність транспірації) та біохімічні (вміст сухих речовин і пігментів) показники тканин листків, пагонів і коренів мікроклонів винограду підщепних і технічних сортів під час їх культивування *in vitro*;
- досліджено особливості формування продихового апарату нижнього епідермісу листових пластинок мікроклонів винограду *in vitro* та *in vivo*, встановлено його реакцію на вплив різних типів поживних середовищ і мінеральних субстратів, з'ясовано його роль у формуванні адаптаційної здатності рослин під час переходу до умов *in vivo*;

– встановлено взаємозв'язок між регенераційними, морфолого-анатомічними, біометричними та фізіолого-біохімічними характеристиками мікроклонів винограду та умовами їх культивування *in vitro*, зокрема складом поживних середовищ і типами мінеральних субстратів;

– доведено частку впливу умов культивування мікроклонів винограду *in vitro*, що включають модифікацію поживних середовищ і типи мінеральних субстратів, на формування ключових морфогенетичних характеристик, зокрема фізіологічних (рівень загального обводнення, вміст легкоутримуваної води, водоутримувальна здатність, інтенсивність транспірації), біохімічних (вміст сухих речовин і пігментів) та анатомічних (особливості продихового апарату нижнього епідермісу листкових пластинок) показників вегетативної маси мікроклонів, а також на їх подальшу життєздатність в умовах *in vivo*.

Удосконалено:

– окремі технологічні етапи культивування винограду *in vitro* (проліферація пазушних бруньок і ризогенез ініціальних експлантів, укорінення мікрочубуків, процес мікророзмноження та адаптація мікроклональних рослин до умов *in vivo*). Зокрема, модифіковано склад поживних середовищ (на основі MS) шляхом зміни фітогормонального складу, використання біологічно активних препаратів – Радіфарм і Clonex gel та структуроутворювальних компонентів – агроперліт, вермикуліт, агроперліт + вермикуліт;

– підхід до оцінювання адаптаційного потенціалу мікроклонів винограду на основі комплексу морфогенетичних та фізіолого-біохімічних показників.

Набули подальшого розвитку:

– дослідження щодо впливу різних умов культивування на регенераційні властивості винограду *in vitro*, одержання мікроклонів винограду *in vitro* з кількісними і якісними показниками розвитку вегетативної надземної маси і кореневої системи, що дає змогу підвищити вихід адаптованих до умов *in vivo* мікроклонів винограду;

– доведено економічну ефективність та доцільність практичного

застосування удосконалених технологічних прийомів культивування винограду *in vitro*.

**Практичне значення.** Удосконалені технологічні прийоми, представлені у дисертаційній роботі, доповнюють наявну технологію прискореного мікроклонального розмноження винограду і сприятимуть вирощуванню садивного матеріалу винограду біологічних категорій якості – *вихідний* і *базовий*. Розроблені технологічні прийоми пройшли виробничу перевірку та застосовуються для вирощування мікроклональних підщепних саджанців винограду для ДП «ДГ «Таїровське» ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України, про що свідчить акт впровадження (додаток А. 1).

Результати, отримані під час виконання дисертаційної роботи з питань технології вирощування мікроклональних саджанців винограду високих біологічних категорій якості, пройшли апробацію і використовуються в освітньому процесі під час підготовки аспірантів, які навчаються за ОНП «Виноградарство» в ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» (додаток А. 2).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота виконана здобувачем як самостійне наукове дослідження. Автором здійснено широкий інформаційний пошук і комплексний аналіз наукових джерел за тематикою роботи, сформульовано мету та завдання. Для отримання наукових результатів було розроблено схеми та закладено лабораторні досліди, виконано обробку й узагальнення отриманих даних, підготовлено публікації за матеріалами дисертації. Виконано роботи з вирощування мікроклональних саджанців винограду для закладання базового маточника в польових умовах. Під час узагальнення результатів та формування висновків враховано рекомендації наукового керівника та фахівців ННЦ «ІВіВ імені В. Є. Таїрова» НААН України.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи були представлені й обговорені на:

✓ засіданнях Вченої ради ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України з 2019 по 2022 рр.;

- ✓ науково-практичній конференції «Розвиток наукових міжгалузевих досліджень» (м. Вінниця, Україна, 26–27 листопада 2021 р.);
- ✓ international scientific conference «The Globalization of Scientific Knowledge: Theoretical and Practical Research» (м. Рига, Латвія, 17–18 грудня 2021 р.);
- ✓ international scientific conference «The latest scientific achievements in the modern agro-industrial complex» (м. Люблін, Польща, 28–29 грудня 2021 р.);
- ✓ the 7th international scientific and practical conference «International scientific innovations in human life» (м. Манчестер, Велика Британія, 19–21 січня 2022 р.);
- ✓ the 6th international scientific and practical conference «Global and Regional Aspects of Sustainable Development» (м. Копенгаген, Данія, 26–28 лютого 2022 р.);
- ✓ the 11th international scientific and practical conference «Scientific Research in XXI Century» (м. Оттава, Канада, 6–8 березня 2022 р.);
- ✓ X міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» (с. Центральне, Україна, 29 квітня 2022 р.);
- ✓ the 2nd international scientific and practical conference «Modern research in world science» (м. Львів, Україна, 15–17 травня 2022 р.);
- ✓ всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату» (м. Умань, Україна, 22 червня 2022 р.);
- ✓ the 2nd international scientific and practical conference «Recent Advances in Scientific World» (м. Монтеррей, Мексика, 6–8 серпня 2022 р.);
- ✓ the 5th international scientific and practical conference «Modern research in world science» (м. Львів, Україна, 7–9 серпня 2022 р.);
- ✓ international scientific conference «Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food» (м. Рига, Латвія, 30–31 серпня 2022 р.);
- ✓ beynəlxalq konfransın materialları «Şuşa və ətraf ərazilərin biomüxtəlifliyi,

torpaq və su ehtiyatları: gələcəyə baxış» (Şuşa, 22–24 sentyabr 2022-ci il);

✓ програма курсів підвищення кваліфікації наукових і науково-педагогічних працівників «Удосконалені прийоми культивування винограду *in vitro*» (м. Одеса, Україна, 2024 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 18 наукових праць, у тому числі: одна стаття у виданні, яке включене до міжнародної наукометричної бази Scopus, 3 статті у виданнях, включених до переліку фахових періодичних видань України, 1 стаття – у зарубіжному виданні, 13 публікацій – матеріали і тези конференцій (додаток Б).

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційну роботу викладено на 371 сторінках друкованого тексту, що охоплює: вступ, 9 розділів, висновки, практичні рекомендації, список використаних літературних джерел (із них 70 кирилицею, 201 латиницею), додатки. Робота містить 12 таблиць, 60 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### МІКРОКЛОНАЛЬНЕ РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН, ЙОГО ЕТАПИ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Розмноження рослин із застосуванням методів культури тканин і органів *in vitro* базується на таких законах біології, як тотипотентність клітин, апікальне домінування, регенерація. Існують та знаходять практичне застосування декілька способів розмноження рослин *in vitro*. Вони характеризуються різним ступенем генетичної стабільності, коефіцієнтом розмноження, вимогами технічного забезпечення.

До них належать:

- отримання рослин із меристем без стадії утворення калусу;
- отримання калусу і регенерація з нього рослин;
- отримання калусу, перетворення його в суспензію клітин і регенерація рослин;
- отримання з клітин біполярних структур, здатних утворювати зародки;
- отримання рослин через активацію росту бічних бруньок експлантів [52].

Ці способи мають як низку переваг, так і низку недоліків.

До переваг відносять:

- одержання садивного матеріалу рослин, які характеризуються низьким коефіцієнтом розмноження;
- підтримання генотипів, які характеризуються генетичною стерильністю;
- зберігання видів, які перебувають на межі зникнення;
- підтримання і зберігання колекційних зразків;
- накопичення садивного матеріалу впродовж року і планування висаджування у відкритий ґрунт в оптимальні терміни;
- отримання великої кількості матеріалу у невеликій лабораторії;
- передчасне виведення рослин з періоду спокою з метою подальшого

- розмноження;
- оздоровлення рослин при введенні в культуру *in vitro* [39].

**Основні етапи мікроклонального розмноження рослин:** відбір, стерилізація ініціальних експлантів, введення ініціальних експлантів у культуру *in vitro*, проліферація пазушних бруньок, укорінення (ризогенез) ініціальних експлантів, власне мікророзмноження рослин, адаптація мікроклонів *in vitro* до умов *in vivo* [188, 18].

### **1.1. Відбір, стерилізація та введення ініціальних експлантів у культуру *in vitro***

Для відбору ініціальних експлантів зазвичай використовують молоді частини рослин – верхівки пагонів, листки, черешки листків, бічні бруньки, калус, насіння, частини суцвіть і квіток. Ініціальні експланти повинні бути здоровими, без ознак хвороб та шкідників, а також відповідати вимогам оптимальних розмірів.

Верхівки пагонів успішно використовували для введення в культуру тканин і органів *in vitro* рослин банану (*Musa* spp. L.) [126], троянди ефірноолійної (*Rosa damascena* H.) [44], скумпії звичайної (*Cotinus coggygria* L.) [43], цукрового буряку (*Beta vulgaris* L.) [48], пшениці звичайної (*Triticum aestivum* L.) [76], інжиру (*Ficus carica* L.) [221] та ін. У цих дослідженнях автори показали, що використання верхівок пагонів, як ініціальних експлантів, забезпечувало активну проліферацію бруньок, яка становила 59,3–89,2 %.

Бічні бруньки пагонів успішно використовували для введення в культуру тканин *in vitro* рослин гілоцереусу хвилястого (*Hylocereus undatus* (Haworth) D. R. Hunt) [114], шовковиці білої (*Morus alba* L.) [11], ожини звичайної (*Rubus caesius* L.) [63], апулеї гладкоплідної (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr.) [162]. Приживлюваність таких ініціальних експлантів на поживному середовищі MS була у межах 87,1–100,0 %.

Листки і черешки, як ініціальні експланти, застосовували для введення в культуру тканин і органів *in vitro* рослин бікси орельяної (*Bixa orellana* L.) [182], ятрофи куркас (*Jatropha curcas* L.) [170], шпинату городнього (*Spinacia oleracea* L.) [136] та катарантусу рожевого (*Catharanthus roseus* L.) [104]. Показано, що такі ініціальні експланти приживалися по-різному – від 32,7–35,0 % (ятрофа куркас та шпинат городній) до 95,0 % (бікса орельяна і катарантус рожевий).

Для розмноження *in vitro* фаленопсису амбонського (*Phalaenopsis amboinensis* J. J. Sm.), тирлича весняного (*Gentiana verna* L.), *Hypericum adenotrichum* Spach, як ініціальних експлантів використовували насіння. Але позитивні результати отримували тільки у разі використання поживного середовища VW та модифікованого поживного середовища MS. Рівень регенерації та приживлюваності дорівнював 100,0 % [252, 57, 262].

Введення в культуру *in vitro* суцвіть і бутонів рослин кокосової пальми (*Cocos nucifera* L.) [226], целозії сріблястої (*Celosia argentea* L.) [97], гербери Джеймсона (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hooker f.) [78], забезпечувало приживлюваність експлантів на рівні 65,0–85,0 %.

Для введення винограду в культуру *in vitro* як ініціальних експлантів використовували верхівки пагонів, бічні бруньки, калус, пиляки і насінневі зачатки [62]. Проте для прискореного розмноження цінних форм, сортів та клонів винограду доцільно використовувати одновічкові мікрочубуки, відібрані з 1 по 6 вузол та верхівкові меристеми. Зокрема, у роботах співробітників ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» доведено, що процеси морфогенезу активніше відбувалися в ініціальних експлантах з апексів і мікрочубуків, взятих на рівні 3-го, 4-го вузлів пагонів вегетуючих кущів [55, 70].

Для отримання *асептичних культур* рослин *in vitro* рекомендується використовувати широкий спектр бактерицидних речовин – гіпохлорит кальцію і натрію, пероксид водню, нітрат срібла, сулему, діацид, етиловий спирт, розчин хлористої ртуті. Їх успішно застосовували для поверхневої

стерилізації вишні звичайної (*Prunus cerasus* L.) [179], водяного салату (*Pistia stratiotes* L.) [71], картоплі їстівної (*Solanum tuberosum* L.) [85], рівень контамінації знижувався, залежно від виду рослин, до 5,0–6,0 %.

Для зменшення ендогенного ураження ініціальних експлантів бактеріями, грибковими забруднювачами до поживного середовища додавали антибіотики, такі як тетрациклін, рифампіцин [112, 130], цефатоксим [156], карбеніцилін, канаміцин, стрептоміцин [166], а також препарати Тіментін [239], Хорус [63], Хлорокс [112]. Після застосування антибіотиків рівень контамінації рослин тютюну справжнього (*Nicotiana tabacum* L.), вишні пташиної (*Prunus avium* L.), олійної пальми (*Elaeis guineensis* Jacq.) зменшувався до 21,1–28,1 %, а рівень приживлюваності, навпаки, збільшувався до 90,0 %.

Для винограду позитивні результати стосовно стерилізації було отримано після додавання до поживного середовища 7,0 % розчину  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  у комплексі з 0,01 % розчином Tween-20 [151, 203]; антибіотиків – гентаміцин і цефазолін. Приживлюваність ініціальних експлантів на таких поживних середовищах становила у середньому 75,0 % [246].

Науковці ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» також займалися дослідженням та удосконаленням прийомів стерилізації ініціальних експлантів винограду. За результатами їх роботи встановлено, що метод стерилізації шляхом послідовної експозиції та промивання в розчинах Хінозолу, білизни, 96 % етилового спирту є ефективним для зниження рівня грибкової, мікробної контамінації і підготовки ініціальних експлантів для подальших етапів мікроклонального розмноження. У подальшому цей метод було удосконалено з використанням дезінфікуючого препарату Дезефект (2,3 %) на заміну препарату Хінозол, що дозволяло зменшувати відсоток інфікованих ініціальних експлантів до 10,0–13,0 % і забезпечувало їх приживлюваність на рівні 92,0–100,0 % [68, 17].

Етап введення ініціальних експлантів у культуру *in vitro* передбачає висаджування стерильних ініціальних експлантів на поживне середовище з

метою отримання нових рослин для подальшого мікророзмноження. На цьому етапі використовують поживні середовища, які сприяють приживлюваності ініціальних експлантів та проліферації пазушних бруньок, верхівок пагонів або апікальних меристем [188, 169, 122, 166, 194].

## **1.2. Проліферація пазушних бруньок ініціальних експлантів та формування пагонів**

На цьому етапі першочерговим завданням є інтенсифікація розвитку пазушної бруньки (проліферація). Ключову роль у цьому відіграє склад поживного середовища. На цьому етапі культивування введених ініціальних експлантів відбувається на тих самих поживних середовищах, що і під час введення матеріалу в культуру *in vitro*. Найчастіше використовують MS (Мурасіге і Скуга), WPM (Woody Plant Medium), B5 (Гамборга), LS (Лінсмайера і Скуга), NN (Ніча і Ніча) [188, 169, 122, 166, 194]. Дослідження показали, що модифікації цих поживних середовищ забезпечували високі показники проліферації ініціальних експлантів різних рослин – від 70,0 до 100,0 %, а середовище B5 додатково сприяло збільшенню кількості пагонів [49, 172, 57, 59, 37, 34, 196].

Після проліферації пазушних бруньок ініціальних експлантів винограду важливо домогтися формування та росту вегетативної надземної маси. Розвиток приросту рослин має відбуватися рівномірно, що забезпечує їх генетичну однорідність, відсутність патогенів та стабільність фенотипових ознак без небажаних мутацій чи інфекцій [47].

На ріст і розвиток мікроклональних рослин впливають різні фактори, серед яких ключове значення мають склад поживного середовища, вміст у ньому фітогормонів і біологічно активних речовин, інтенсивність і спектральний склад світла, температура, вологість у культуральних ємностях, а також взаємодія з корисними мікроорганізмами [125, 99, 260, 238].

Дослідження щодо використання різних мінеральних основ поживних

середовищ довели, що навіть подібні за складом середовища можуть по-різному впливати на морфогенез рослин. Так, для коноплі звичайної (*Cannabis sativa* L.) порівняння середовищ MS та DKW показало перевагу DKW, на якому довжина пагонів дорівнювала 8,6–9,2 см, тоді як на поживному середовищі MS вона становила 6,4–7,6 см. Кількість листків при цьому дорівнювала 5,2–5,6 шт. у рослин, культивованих на середовищі DKW і 3,3–4,1 шт. на MS [135]. Для хризантеми, навпаки, найкращі результати морфогенезу відзначено на середовищі MS – довжина пагонів дорівнювала близько 5,0 см, а кількість листків становила 11,0 шт. [258].

Dönmez D. та ін. у своїх дослідженнях вивчали вплив різного вмісту макро- і мікросолей у складі поживного середовища MS (повна концентрація,  $\frac{1}{2}$  та  $\frac{1}{4}$  від стандартної) на коефіцієнт розмноження та розвиток рослин спатифілуму (*Spathiphyllum* Schott). Було встановлено, що стандартне поживне середовище (контроль) виявилось найбільш ефективним для мікророзмноження – коефіцієнт розмноження дорівнював 8,8, середня висота пагонів – 3,6 см, а кількість листків – 24,0 шт., тоді як на середовищах  $\frac{1}{2}$  та  $\frac{1}{4}$  MS ці показники знижувалися у два і більше разів [110].

Petrus-Vancea A. та ін. показали позитивний вплив використання води з низьким вмістом дейтерію (25 мг/л), у якій готували поживне середовище MS, на розвиток приросту мікроклональних рослин. У таких умовах у рослин пшениці звичайної (*Triticum aestivum* L.) через 5 діб культивування формувалося по дві листкові пластинки, довжина пагонів становила 5,2 см, що перевищувало контроль на 0,15 см, а приріст був вищим на 18,0 %. Baskaran P. і Jayabalan N. довели доцільність додавання до поживного середовища 5,0 % кокосової води, що забезпечило через 8 тижнів отримання мікроклонів сорго звичайного (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) довжиною 3,0–5,8 см. Після пересаджування рослин сорго у тепличні умови на поживні субстрати було встановлено, що на першому етапі (перші 3 тижні) приживлюваність становила 100,0 %, після 4 тижнів – 98,0 %, а ще через 10 тижнів – 72,4 % [204, 90].

Зміна кількості та співвідношення фітогормонів у складі поживного середовища істотно впливала на формування біометричних показників розвитку рослин. Так, для культивування *in vitro* акації нільської (*Acacia nilotica* (L.) Delile), рути зимової (*Ruta chalepensis* L.) та імбиру індійського (*Zingiber montanum* (J. König) Link ex A. Dietr.), Samake G. et al., Qahtan A. A. et al. та Hamirah M. N. et al. застосовували модифіковане поживне середовище B5 із підвищеним вмістом регуляторів росту (6-БАП,  $\alpha$ -НОК, тидіазурон). Найкращий розвиток приросту було отримано у *A. nilotica* – у середньому 5,8 шт. листків при довжині стебла 5,6 см на середовищі B5 + 6-БАП; у *R. chalepensis* – 40,3 пагони на експлант довжиною 4,8 см на середовищі B5 + 6-БАП +  $\alpha$ -НОК; у *Z. montanum* – 8,1 пагони на експлант на середовищі B5 + тидіазурон. Після активації процесів приросту та перенесення рослин до умов теплиць рівень їх приживлюваності становив 90,0–100,0 % [223, 212, 129]. Аналогічна залежність простежувалась і для інших культур, зокрема, внесення до поживного середовища 6-БАП, кінетину стимулювало утворення, розвиток пагонів та листків у рослин роду банан (*Musa* spp. L.) (MS + 6-БАП) [80], яблуні домашньої (*Malus domestica* Borkh.) (MS + ІОК + кінетин) [73], внесення 6-БАП у комбінації з ГК<sub>3</sub> або  $\alpha$ -НОК сприяло активному розвитку листків у діетесу іридоїдного (*Dietes iridioides* (L.) Sweet) [231] та сливи персидської (*Prunus persica* Batsch.) (MS + 6-БАП + НОК) [64]. Кращі показники росту також були відзначені у камелії китайської (*Camellia sinensis* L.), валеріани гімалайської (*Valeriana jatamansi* Jones ex Roxb.), ожини звичайної (*Rubus fruticosus* L.) та павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) після додавання до поживного середовища індоліл-масляної кислоти (ІМК) [224],  $\alpha$ -НОК [64, 190], ІОК [64] та їх комбінації з бензиладеніном [211]. Перенесення рослин з добре сформованим приростом із умов *in vitro* до умов *in vivo* (теплиця) сприяло їх приживлюваності від 77,0 % (павловнія), 90,0 % (яблуня, слива), 92,0 % (ожина) до 100,0 % (банан).

Варто зазначити, що на ріст пагонів значний вплив мають не тільки фітогормони, а й додаткові компоненти поживного середовища. Так, для

*Solanum sessiliflorum* Dunal використання фітогелю замість агару забезпечувало значне збільшення довжини пагонів (11,9 см проти 1,7 см) та кількості листків (10,7 шт. проти 6,2 шт.) [202]. Активоване вугілля, залежно від концентрації, могло проявляти як стимулюючий, так і пригнічувальний ефект – у *Simmondsia chinensis* (Link) C. K. Schneid. при вмісті в MS 0,5 г/л утворювалося 14,0 листків і пагони завдовжки 4,6 см, тоді як при вмісті в MS 3,0 г/л спостерігалось подовження пагонів до 7,0 см, але кількість листків зменшувалась до 12,3 шт. [74]. Н. В. Титаренко отримала позитивні результати за розвитком приросту ожини звичайної (*Rubus fruticosus* L.) і павловнії повстяної (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) після внесення до поживного середовища MS гелеутворювальних речовин – кукурудзяний крохмаль (7 %), гуарову камедь (3 %) [64].

Ще одним ефективним фактором, який впливає на покращення біометричних показників росту вегетативної надземної маси рослин *in vitro*, є використання мікроорганізмів. Так, у роботі Н. В. Титаренко та ін. проводили інокуляцію насіння крес-салату (*Lepidium sativum* L.) штамами *Bacillus megaterium* ONU500, *B. velezensis* ONU553, *B. pumilus* ONU554, *B. subtilis* ONU559, *Enterococcus italicus* ONU547 та ізолятами актинобактерій з подальшим його культивуванням на поживному середовищі MS [66]. Подібні тенденції відзначено у роботі Pace et al. для полину альпійського (*Artemisia umbelliformis* Lam.) (у роботі використовували суспензію PGPR (суміш *Azospirillum*, *Pseudomonas* і *Bacillus*) та гідрогель) [198], картоплі (*Solanum tuberosum* L.) (штами бактерій *Azospirillum brasilense*) [247].

Важливу роль у формуванні приросту та біометричних показників рослин, що визначає їх здатність до успішної адаптації в умовах *in vivo*, відіграє якість і тривалість освітлення під час культивування. Так, для *Ficus microcarpa* L. червоне світло стимулювало формування пагонів довжиною 2,5 см і 4,5 листків, синє світло, навпаки, значно зменшувало обидва показники [104]. У дослідженні щодо каштану їстівного (*Castanea sativa* Mill.) Marino et al. було встановлено, що оптимальним для зростання мікроклонів є червоний

+ синій + зелений + далекий червоний (ДЧ) (3:1:2 + 10 % ДЧ) спектри світла, які впливали позитивно на приріст пагонів та кількість листків [173].

*Виноград.* На етапі введення ініціальних експлантів винограду в культуру *in vitro* рекомендують використовувати різні типи поживних середовищ. Diab A. і Dominguez M. для введення у культуру *in vitro* винограду сортів «Суперіор» і «Флейм безнасінний» використовували бічні бруньки і верхівки пагонів, які культивували на модифікованих поживних середовищах MS – C2D, SM1 (0,8 мг/л 6-БАП) та SM2 (1,0 мг/л 6-БАП і 0,1 мг/л  $\alpha$ -НОК). Вже на 12 добу культивування в експлантів винограду було відзначено проліферацію пазушних бруньок [109, 157].

Nashemi S. A. A. et al. для прискорення проліферації пазушних бруньок ініціальних експлантів винограду сорту «Thompson» використовували поживне середовище, яке містило  $\frac{1}{2}$  MS + 6-БАП (1,0–8,0 мг/л) і  $\frac{1}{2}$  MS + ІМК (1,0–8,0 мг/л). Згідно з отриманими результатами було показано, що поживне середовище  $\frac{1}{2}$  MS + 2,0 мг/л 6-БАП сприяло прискоренню та інтенсифікації проліферації пазушних бруньок. Цей процес розпочинався вже на 6 добу [131].

Дослідження свідчать, що оптимізація складу поживного середовища та концентрацій фітогормонів також відіграє ключове значення для росту і розвитку приросту мікроклонів винограду. Mostafa F. M. A. et al. у своїй роботі показали, що поживне середовище MS із додаванням 1,0 мг/л 6-БАП + 0,01 мг/л  $\alpha$ -НОК позитивно впливало на формування пагонів чотирьох сортів винограду «Concord», «Thompson», «Beauty», «King Ruby». На такому MS у мікроклонів формувалась найбільша кількість пагонів (4,7–5,5 шт.) з найбільшою висотою (4,9–5,3 см), при 2,0–3,0 шт. і 2,5–3,0 см у контролі [186]. Подібні результати були отримані Nookaraju A. et al. для сорту винограду «Crimson» [195], Beza K. et al., Sajid G. M. et al. для сортів «Chenin blanc», «Canonannon», «Ugni blanc», «Sundar Khani» та «Wild Grape» [94, 222]. Melyan G. et al. та Ikten H. і Read P. E. показали позитивний результат впливу комбінацій 6-БАП, кінетину та гіберелінової кислоти або 2-іп на видовження

пагонів (до 2,4–6,0 см) та збільшення кількості вузлів (до 7,0 шт.) сортів винограду «Charentsi» та «Sev Khaedj». Унаслідок цього показано, що перенесення мікроклонів винограду, які культивували в умовах *in vitro* на модифікованих поживних середовищах у неконтрольовані умови *in vivo* сприяло приживлюваності на 80,0–85,0 %. [175, 139, 93].

Для інтенсифікації процесів проліферації ініціальних експлантів винограду та росту мікроклонів винограду науковці ННЦ «IBiB ім. В. Є. Таїрова» розробили та успішно використовують модифіковані поживні середовища MS та Ніча і Ніча (NN). Їх модифікація включала зменшення кількості агару або повну його заміну на альтернативні гелеутворювальні речовини (кукурудзяний і картопляний крохмаль), зменшення (або повне усунення) фітогормонів, збільшення дегідрофосфату калію та вітамінів, амінокислот, а кількість макросолей зменшували до  $\frac{1}{2}$  та  $\frac{1}{3}$  відносно пропису. Це дало змогу знизити вартість середовища, уникнути вітрифікації рослин, активізувати морфогенез винограду *in vitro* [69, 60, 62, 61, 17]. Так, у роботі Н. М. Зеленянської та ін., Н. І. Теслюк встановлено, що середовища з кукурудзяним крохмалем сприяли збільшенню висоти мікроклонів до 6,5 см, що на 4,5 см перевищувало показники агарового середовища. Середовища з картопляним та пшеничним крохмалем забезпечували приріст до 4,9 см, що на 3,2 см більше порівняно з агаровим середовищем [60, 61, 18].

Черевата Т. М. у ході дослідження встановила, що спектральний склад світла істотно впливає на біометричні показники росту винограду в культурі *in vitro*. Використання фітоламп зі збалансованим поєднанням синього та червоного спектрів світла сприяло інтенсифікації морфогенезу та збільшенню довжини пагонів. За освітлення фітолампами ЛР-12,5 (12,5 % синього і 87,5 % червоного спектру) висота мікроклонів через 30 діб культивування становила 10,8–11,6 см, що на 3,3 см перевищувало контроль (ЛБ-36), а також відзначалось збільшення кількості вузлів на пагоні (1,2–1,4 шт.). Використання фітоламп ЛР-25 (25 % синього, 75 % червоного) навпаки уповільнювало морфогенез і зменшувало приріст. На етапі адаптації

застосування ЛР-12,5 забезпечувало найвищу приживлюваність мікроклонів (86,0–90,0 %) при 78,0–80,0 % у контролі [69].

### **1.3. Укорінення (ризогенез) ініціальних експлантів та формування кореневої системи мікроклонів**

Цей етап передбачає індукцію корневих зачатків та формування добре розвиненої кореневої системи мікроклональних рослин. Довжина та кількість коренів є важливими показниками, що визначають здатність рослини ефективно вбирати воду та поживні речовини. Більша кількість коренів забезпечує ефективне всмоктування поживних речовин і води, а також краще закріплення в ґрунті чи поживних субстратах. Маса коренів вказує на їх загальну міцність та накопичення сухих речовин.

Щоб прискорити цей процес, науковці та практики рекомендують додавати до поживного середовища фітогормони. Позитивний результат щодо укорінення було отримано для живців лядвенцю рогатого (*Lotus corniculatus* L.), кокосової пальми (*Cocos nucifera* L.), гвизоції абіссинської (*Guizotia abyssinica* Cass.) після додавання до поживного середовища гіберелінів [193, 86, 141, 111, 181] та для живців агапантусу раннього (*Agapanthus praecox* Willd.), яблуні домашньої (*Malus domestica* L.) після додавання до поживного середовища цитокінінів [234, 261]. Зокрема, García-Ramírez Y. і Sevik H. та Arab M. M. у своїх дослідженнях порівнювали вплив різних ауксинів – ІОК,  $\alpha$ -НОК та ІМК, які входили до складу поживного середовища MS, на активність ризогенезу меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.), бамбуку звичайного (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl) і *Gigantochloa atter* (Hassk.) Kurz. Вони встановили, що кращим впливом характеризувалася ІМК [225, 123, 82]. Для культивування рослин сливи домашньої (*Prunus domestica* L.) використовували модифіковане поживне середовище –  $\frac{1}{2}$  MS, доповнене 0,5 мг/л ІМК, 1,6 мг/л тіаміну, 20 г/л сахарози та Sequestrene 330 FE (6 %) (аналог хелату заліза). Такі умови дозволили досягти 100,0 % ефективності

укорінення та формування коренів рослин *in vitro* [219].

Склад поживного середовища активно впливає і на формування потужної кореневої системи мікроклонів рослин. За даними Sota V. et al., Shirin F. et al. та Lakho M. A. et al., найбільш розвинена і розгалужена коренева система формувалася у вишні антипки (*Prunus mahaleb* L.), ашоки (*Saraca asoca* (Roxb.) W.J. de Wilde) та ананасу посівного (*Ananas comosus* (L.) Merr.) на стандартному поживному середовищі MS, поживні середовища WPM, B5 і NN виявилися менш ефективними для потужного розвитку кореневої системи [235, 228, 155]. У дослідженнях Van Yen D. & Li J. при культивуванні *Stahlianthus thorelii* Gagner. до середовища MS додавали  $\alpha$ -НОК і ІМК у різних співвідношеннях. Найкращий результат було отримано після їх комбінованого використання у концентрації 0,25–0,50 мг/л, що забезпечувало формування у середньому 26,1 шт. коренів на один мікроклон. Parabia F. M. et al. показали, що для лептаденії сітчастої (*Leptadenia reticulata* (Retz.) Wight & Arn.) оптимальною була концентрація 0,25 мг/л ІМК, за якої утворювалося близько 8,0 коренів довжиною 5,0 см [198]. Однак у дослідженнях Asadi A. A. et al. та Van Yen D. & Li J. при культивуванні троянд додавання ІОК та  $\alpha$ -НОК не мало позитивного впливу – зі збільшенням концентрації цих ауксинів (від 1,0 до 6,0 мг/л) кількість коренів навпаки зменшувалася [83, 253].

Дуже часто для ініціації ризогенезу рослин *in vitro* додають стабілізовані біологічно активні препарати. У процесі культивування *in vitro* рослин гороху посівного (*Pisum sativum* L.), тютюну справжнього (*Nicotiana tabacum* L.), буряку звичайного (*Beta vulgaris* L.) було встановлено, що високим ризогенним впливом характеризувались кокосова вода (комплекс фітогормонів, амінокислот, вітамінів та мікроелементів) і ліофілізована біомаса штамів МАСС (висушена методом сублимації біомаса зелених водоростей та ціанобактерій з культуральної колекції Mosonmagyaróvár Algal, Угорщина). Їх додавання до поживного середовища MS, порівняно з контролем, сприяло появі коренів уже на 12–15 добу культивування, рослини

на 25,0–35,0 % укорінювалися краще [184]. Застосування екстракту бананового псевдостебла (порошкоподібний продукт із м'якоті бананового псевдостебла) як часткової заміни (25 %) поживного середовища MS для культивування банану загостреного (*Musa acuminata* Colla) *in vitro* показало, що порівняно з контрольним варіантом таке співвідношення призводить до статистично значущого збільшення кількості коренів на 27,0 % (5,2 см у досліді та 4,1 см у контролі) [245]. Parthibhan S. & Senthil Kumar T. для покращення укорінення рослин *Ceropegia maculata* L. застосовували екстракти морських водоростей *Sargassum wightii* Greville. Додавання 20 % цього екстракту до поживного середовища MS значно підвищувало ефективність укорінення – кількість коренів зростала до 7,3 шт. (контроль – 5,9 шт.), їх довжина – до 14,3 см (контроль – 12,3 см) [200].

Культивування картоплі їстівної (*Solanum tuberosum* L.) на поживному середовищі MS з додаванням препаратів Епін-Максі (0,025 г/л) і Потейтін (0,3 мг/л) сприяло збільшенню довжини та кількості коренів порівняно з контролем (8,2–8,9 шт. і 9,0 шт., при довжині 81,4–91,3 мм і 84,5–89,2 мм) [53].

У дослідженні Sulusoglu M. et al. було вивчено вплив різних типів агарів на укорінення айви звичайної (*Cydonia oblonga* Mill.) в умовах *in vitro*. Як базове використовували поживне середовище MS із додаванням агарів Bacto, Merck, Oxoid та Gelrite. Найкращі показники укорінення отримано після застосування агару Bacto (7 г/л) – на 28-му добу формувалося в середньому 5,6 коренів із середньою довжиною 3,2 см [239]. Подібні результати було отримано і після модифікації середовища MS – додавання активованого вугілля (50–500 мг/л) сприяло ініціації ризогенезу та подовженню коренів картоплі їстівної (*Solanum tuberosum* L.) сортів «Kufri Jyoti» і «Kufri Sindhuri», однак для інших сортів такий ефект не підтвердився [98].

Nadal M. C. та Zawadzka M. досліджували можливість використання пробіотиків для оптимізації укорінення й росту коренів мікроклональних

рослин груші звичайної (*Pyrus communis* L.), хризантеми великоквіткової (*Chrysanthemum grandiflorum* (Desf.) Batt.) та гербери Джеймсона (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook. f.). Зокрема, інокуляція експлантів бактеріями *A. ursingii* забезпечувала утворення 5–7 коренів завдовжки 1,0–1,9 см, що було зіставним із дією ІМК (2,0 мг/л) [189, 266]. Подібно до використання пробіотиків, для стимулювання регенерації коренів осики звичайної (*Populus tremula* L.) Р. М. Гричаник застосовував модифіковане поживне середовище Меліна-Норкранса, інокульоване чистою культурою свинушки тонкої (*Paxillus involutus* Batsch. ex Fr.). Це середовище позитивно впливало на ризогенез *in vitro* – після 9 діб культивування живців формувалося в середньому 1,8–5,5 коренів, а після 14 діб – 2,5–7,7 коренів [10].

Дослідження показують, що використання інертних субстратів (торф, перліт, вермикуліт) у поєднанні з рідкими поживними середовищами та регуляторами росту значно підвищує ефективність вкорінення рослин *in vitro*. Наприклад, для олеандру звичайного (*Nerium oleander* L.) використання суміші зазначених субстратів, насиченої поживним середовищем WPM сприяло укоріненню 75,6–80,0 % експлантів порівняно з 37,8–48,9 % у контролі [132]. Для *Anthurium andraeanum* L. сорту «Avanti» використання торф'яного моху або вермикуліту разом із середовищем  $\frac{1}{2}$  MS та попередньою обробкою пагонів 2,5 мг/л ІМК забезпечило 46,7 % ефективності укорінення, причому формувалося 1,0–1,8 коренів завдовжки 6,6–7,8 см [145].

Використання чистого вермикуліту у культурі *in vitro* суттєво впливало на ефективність укорінення та розвиток кореневої системи мікроклонів яблуні низької (*Malus pumilla* Mill.). Показано, що 88,4 % живців успішно укорінювалися на цьому субстраті, на стандартному середовищі  $\frac{1}{2}$  MS з ІМК (контроль) – 79,1 %, що пов'язують із покращеною аерацією та зменшенням світлопроникності субстрату [255]. Схожий ефект спостерігали для груші звичайної (*Pyrus communis* L.) – культивування на вермикуліті сприяло формуванню бічних коренів у 31,1 % живців сорту «Bartlett» та 53,6 % клону

«ОН × F97», у контролі бічні корені не утворювалися [160]. Для ясеня звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) застосування торф'яного субстрату або суміші торфу з перлітом у поєднанні з ІМК та  $\alpha$ -НОК (1,0 мг/л) значно підвищувало ефективність укорінення (90,0 %) і сприяло формуванню розвиненої кореневої системи [106].

Keathmetha W. & Suksa-Ard P. у своїх дослідженнях з *Anthurium andraeanum* L. сорту до суміші торфу з вермикулітом додавали фітогелі. Показали, що використання такої суміші забезпечило укорінення 46,7 % живців із формуванням 1,0–1,9 коренів завдовжки 6,7–7,9 мм. Сформовані корені мали більше корневих волосків та добре розвинені судинні пучки [145]. Проте у дослідженні Fekry W. A. & Wahdan H. M. було показано, що використання субстратів у культурі *in vitro* для укорінення ініціальних експлантів не завжди давало результати, що переважають контрольні значення (агаризоване поживне середовище). Укорінення мікроклонів суниці садової (*Fragaria × ananassa* Duch.) на суміші торфу і вермикуліту за більшістю показників (кількість та довжина коренів) відповідало контролю, на вермикуліті – ці показники були меншими за контрольні [116]. Подібні результати було отримано Souza J. A. et al. у процесі дослідження особливостей укорінення мікроклонів яблуні домашньої (*Malus domestica* Borkh.) та евкаліпту (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden × *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake). Однак автори зазначили, що хоча у культурі *in vitro* показники приживлюваності рослин знижувалися, під час подальшої адаптації *in vivo* спостерігалася протилежна тенденція. Мікроклони, отримані на вермикуліті, характеризувалися кращим приживанням (75,0–80,0 %) порівняно з варіантами, де рослини укорінювали на поживному середовищі MS (60,0–65,0 %). Це свідчить про їх високу адаптаційну здатність *in vivo* [236, 120].

Крім складу поживного середовища, на інтенсифікацію ризогенезу мікроклонів позитивно впливає і фотоперіод. Зокрема, використання комбінацій червоного/синього, червоного/синього/фіолетового та

червоного/синього/фіолетового/зеленого світла під час культивування експлантів кунінгамії ланцетної (*Cunninghamia lanceolata* Lamb.) [260], перстачу маленького (*Potentilla pusilla* Host) [254], нарцису великоцвітного (*Narcissus tazetta* L.) [214] та ін. забезпечувало високий відсоток укорінення (75,6–95,5 %) і формування коренів завдовжки 1,5–5,9 см [260, 254, 214, 259, 164, 227, 271, 143].

*Виноград.* Отримання мікроклональних рослин винограду з добре розвиненою кореневою системою є ключовою умовою їх успішної адаптації до природних (нестерильних) умов. На процес укорінення таких рослин впливають численні фактори, серед яких – склад поживного середовища, тип субстрату, застосування екзогенних регуляторів росту та умови освітлення. Так, для сортів «Мускат Олександрійський», «Ред Глоуб», «Агіоргітіко» та «Суперіор» використання у складі поживного середовища ІМК (1,0 мг/л), іноді у поєднанні з  $\alpha$ -НОК, забезпечувало 73,0–100,0 % укорінення одновічкових чубуків із формуванням 2,8–4,5 шт. коренів довжиною 3,2–4,5 см [75, 87, 109, 91, 88]. Проте, за даними Kim S. H., вміст  $\alpha$ -НОК у поживному середовищі не завжди стимулював розвиток коренів у винограду [147].

У дослідженнях Yıldırım H. & Ozdemir G. та Ubaydullaeva K. A. et al. при культивуванні мікроклонів винограду сортів «Öküzgözü», «Boğazkere», «Oqdum», «Rizamat», «Toyfi» та «Rkatsiteli» встановлено, що найбільш інтенсивний ріст кореневої системи забезпечували поживні середовища MS та WPM. Вони забезпечували утворення від 2,9 до 6,3 шт. коренів, при середній довжині 3,3–4,9 см [115, 264, 250]. ІМК у концентрації 1,0 мг/л та ІОК у концентрації 0,4 мг/л сприяли утворенню 3,4–4,0 шт. коренів довжиною 1,3–2,0 см у сортів «Shine Muscat», «Parvana» та «Perlette», тоді як для сорту «Perlette» концентрація 10,0 мг/л забезпечувала формування 7,0 шт. коренів довжиною 2,9 см [147, 142, 178]. Приживлюваність мікроклонів цих сортів в адаптаційних кімнатах дорівнювала у середньому 90,0 %.

Mostafa F. M. A. et al. для стимуляції коренеутворення використовували

поживне середовище з 1/2 концентрацією MS та ІМК у концентрації 1,0 мг/л. При цьому відсоток укорінення для сортів винограду дорівнював: «Concord» – 90,0 %, «Thompson» – 100,0 %, «Beauty» – 80,0 %, «King Ruby» – 70,0 %. Середня кількість коренів на одну рослину варіювала від 3,8 до 6,1 шт. залежно від сорту [187]. Yancheva S. et al. в поживне середовище MS додавали сахарозу (20 г/л), агар (5,5 г/л), біотин (0,2 мг/л), кальцій пантотенат (0,5 мг/л), активоване вугілля (0,3 %), ІОК (0,2 мг/л) та ІМК (0,2 мг/л), що сприяло активному формуванню коренів – у досліджуваних сортів утворювалося у середньому 4,8–5,7 шт. коренів довжиною 1,9–2,2 см (для сортів «Tamianka», «Muskat Sandanski», «Dornfelder» cl. WE700 та ін.) [263, 72]. Після адаптації рослин до умов теплиці, приживлюваність дорівнювала 80,0–86,0 %.

Середовище ½ MS без гормонів, де утворення та ріст коренів відбувались за рахунок ендогенного синтезу ауксинів, забезпечувало укорінення 85,0 % одновічкових чубуків сорту «Бонапарт Наполеон» [138], а додавання 1,0 мг/л ІМК до ½ MS дозволяло досягти 96,0 % укорінення одновічкових чубуків сорту «Charentsi», «ІАС 571-6» і «Poloskei Muskotaly» із формуванням 3,0–4,0 шт. коренів довжиною 6,3 см [177, 218, 92].

У дослідженні винограду сорту «Karmrahyut» (*Vitis vinifera* L.) було показано ефективність застосування культуральної рідини антарктичних дріжджів *Nadsoniella nigra* Lindegren як природної альтернативи ІМК для стимуляції укорінення мікрочубуків. Укорінення проводили на поживному середовищі ½ WPM із додаванням 0,5–2,0 мл/л *N. nigra* Lindegren або еквівалентної концентрації ІМК. Найкращі результати було отримано при концентрації 2,0 мл/л – відсоток укорінення досягав 97,0 %, середня кількість коренів – 7,2 шт., їх довжина – 13,8 см. Для порівняння, у контролі укорінення було на рівні 41,0 %, а кількість і довжина коренів були значно меншими – 2,6 шт. і 4,2 см відповідно [89].

Роботи з удосконалення методів укорінення одновічкових чубуків винограду проводили і в ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова». На основі цих

досліджень показано, що на етапі укорінення мікроклонів оптимальним є використання поживного середовища MS із зменшеною на половину кількістю макросолей та хелату заліза. Крім того, застосування прийому обпудрювання базальних частин мікрочубуків ауксиномісною пудрою з подальшим культивуванням на безгормональному середовищі MS значно ефективніше стимулювало процес ризогенезу, порівняно з традиційним культивуванням мікроклонів на стандартному MS [17]. Додатково, Н. М. Зеленьанська та ін. встановили, що використання поживних середовищ MS, NN та B5 із додаванням картопляного та пшеничного крохмалю (на заміну агару) забезпечувало високий рівень укорінення та приживлюваності мікроклонів – 75,0–80,0 % для сорту «Кардишах таїровський» та 70,0–75,0 % для сорту «Добриня» [18].

#### **1.4. Постасептична адаптація рослин *in vitro***

Адаптація є фінальним і найважливішим етапом у цілісній схемі мікроклонального розмноження, яка передбачає переведення рослин-регенерантів із умов *in vitro* в умови *in vivo* [41, 17]. Саме на цьому етапі спостерігаються найбільші втрати рослин унаслідок їх загибелі. Це пов'язано з тим, що в культурі *in vitro* рослини перебувають в умовах, які відрізняються від природних за багатьма фізико-хімічними параметрами – світловим, водним, температурним, газовим складом повітря у середині культуральних ємностей, консистенцією поживного середовища [17]. У результаті, в умовах *in vitro* формуються рослини з недосконалими анатомічними і фізіологічними характеристиками – недорозвинена або неактивна воскова кутикула листка, пошкоджений продиховий апарат, слабка фотосинтетична активність, вітрифікація, слабкий судинний зв'язок між коренем і пагоном, недорозвинені (а часто і відсутні) кореневі волоски, тому вони дуже легко піддаються зневодненню і впливу патогенної інфекції [41].

Для поліпшення адаптації до *in vivo* розмножених в культурі *in vitro*

мікроклонів застосовують такі прийоми:

- зниження рівня відносної вологості в ємностях для культивування *in vitro*;
- стимуляцію ризогенезу у культурі *in vitro*;
- загартування мікроклонів шляхом зниження інтенсивності транспірації мікроклонів після переведення їх в умови *in vivo*;
- використання мікоризи для збільшення коефіцієнта приживлюваності мікроклонів;
- використання фотоавтотрофної системи мікроклонального розмноження [41].

Зниження вологості в культуральних ємностях на етапі передаптації мікроклональних рослин *in vitro* здійснюється різними способами. Leite M. S. et al. частково привідкривали кришки культуральних ємностей при культивуванні паутерії гарднеріанської (*Pouteria gardeneriana* (A.DC.) Radlk.), спочатку роблячи три невеликі отвори у ПВХ-плівці, а через три доби їх розширювали для поступового збільшення газообміну. Аналогічно, Silva A. L. L. et al. на етапі передаптації рослин евкалипту сольового (*Eucalyptus saligna* Sm.) використовували перфоровану ПВХ-плівку з десятьма отворами (4 мм<sup>2</sup> кожен). Обидва підходи сприяли зниженню вологості повітря в ємностях і зменшенню інтенсивності транспірації. Після проведення передаптації рослини паутерії гарднеріанської пересаджували у субстрат Bioplant® у тепличних умовах із поступовим зниженням вологості, що забезпечувало 62,2 % приживлюваності. Рослини евкалипту сольового спочатку культивували у гідропонній системі з модифікованим поживним середовищем MS (½ солей) протягом 14 діб, а потім пересаджували у субстрат Plantmax® НТ, що забезпечувало 90,0 % приживлюваності після передаптації у відкритому культуральному посуді [160, 229]. У роботі Х. М. Колісник передаптацію рослин роду *Carlina* (*C. onopordifolia*, *C. cirsioides*, *C. acaulis*) здійснювали за багатоступеневою технологією. Живці висаджували у поживне середовище з мінімальною кількістю сахарози

(5 г/л), без додавання фітогормонів. Після 30 діб культивування рослини відбирали за критеріями добре розвиненої кореневої системи та наявності 3–5 листкових пластинок і додатково витримували ще 5–7 діб у культуральному посуді із поступовим зниженням вологості до 60,0–65,0 % [35].

Підвищенню адаптивного потенціалу мікроклональних рослин в умовах *in vivo* присвячено низку досліджень, зокрема щодо використання різних ґрунтових сумішей та субстратів. Так, для адаптації мікроклонів перцевої м'яти (*Mentha piperita* L.) застосовували ґрунтосуміш, що складалася з торфу, універсального ґрунту, перліту та піску у співвідношенні 2:1:1:1. Використання цього субстрату забезпечило високий рівень приживлюваності рослин після перенесення з умов *in vitro* до *in vivo* (96,0–98,9 %), а через 4 тижні рослини висаджували у відкритий ґрунт [58]. В інших дослідженнях для адаптації в умовах *in vivo* відбирали рослини з добре розвиненою кореневою системою, промивали від залишків поживного середовища та обробляли біопрепаратами і фунгіцидом. Рослини висаджували в касети з субстратом (торф:перліт = 3:1) і адаптували поетапно. Спочатку касети розміщували у кліматичних камерах на 20 діб, протягом яких у рослин формувались 2–3 пари листків. На етапі вторинної адаптації рослини переносили на спеціалізовані столи з системою штучного туману та клімат-контролю, де їх культивували ще 20 діб, після чого дорощували у плівковій теплиці. Поступова адаптація протягом 40 діб забезпечувала приживлюваність мікроклональних рослин на рівні 85,0–95,0 % [172].

Низка дослідників проводила адаптацію мікроклональних рослин у теплицях. Їх застосування дає змогу створювати оптимальні умови, температури, вологості, освітлення, вентиляції. Jofre-Garfias A. et al., Teixeira da Silva J. et al., А. А. Подгаєцький та ін. успішно адаптували в теплицях рослини полуниці садової (*Fragaria ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier), рослини роду *Dendrobium*, туї західної (*Thuja occidentalis* L.), малини звичайної (*Rubus idaeus* L.). У середньому приживлюваність цих рослин знаходилась на рівні 80,0–97,0 % [144, 243, 48].

У низці досліджень було доведено, що оптимізація світлового режиму під час мікророзмноження *in vitro* є важливим чинником для підвищення ефективності адаптації рослин до неконтрольованих умов *in vivo*. Зокрема, використання природного сонячного світла та флуоресцентного світла у дослідженні Rehana S. et al. сприяло досягненню 78,0–96,0 % приживлюваності рослин картоплі їстівної (*Solanum tuberosum* L.) у сітчастій теплиці. Подібні результати отримали Jo E. et al., які шляхом зміни тривалості фотоперіоду (8/16–24/0 год) та інтенсивності флуоресцентного освітлення забезпечили 90,0–95,0 % успішної адаптації алоказії амазонської (*Alocasia amazonica* André) у тепличних умовах. У свою чергу, дослідження Miler N. et al. щодо впливу спектрального складу світла (червоне, синє, жовте, зелене, біле) на адаптацію хризантеми шовковицелистої (*Chrysanthemum grandiflorum* L.) показало, що зелене світло забезпечувало найвищу адаптивну здатність рослин (85,0–92,0 %) після перенесення їх у теплицю [218, 143, 181].

У дослідженні Н. В. Титаренко адаптацію мікроклонів ожини звичайної (*Rubus fruticosus* L.) проводили у два етапи. На першому етапі (контрольовані умови *in vitro*, протягом 5 діб) у культуральному боксі привідкривали кришечки культуральних ємностей, поступово збільшуючи отвори для газообміну. На другому етапі – рослини обережно виймали з середовища, стерильною водою відмивали корені від залишків поживного середовища та інокулювали актинобактеріями (Conc11, Myt7ch, Conc4, Conc32 та Lim4). Унаслідок цього, на 30 добу приживлюваність рослин сягала 85,0 %. При цьому рослини досягали висоти 5,7 см, мали у середньому по 10,0 вузлів, 8 листків площею 2,6 см<sup>2</sup> [64].

**Виноград.** Адаптацію мікроклонів винограду можна проводити як в умовах *in vitro*, так і в умовах *in vivo*. Bettoni J. проводив адаптацію рослин винограду сортів «ІАС 571-6» (*Vitis caribaea* Pirovano 57) на сумішах поживних субстратів Dystroferic Red Nitosol (природний ферралітний ґрунт збагачений високим вмістом заліза й алюмінію), Тесномат® (торф + пісок +

вермикуліт), піску (1:1:1) у лотках, накритих склом протягом 60 діб у кімнаті з контрольованими умовами. Цей спосіб сприяв 100,0 % приживлюваності мікроклонів. Beza K. et al. відбирали мікроклони винограду сортів «Chenin blanc», «Canonannon» та «Ugni blanc» висотою  $\geq 3$  см із добре розвинутою кореневою системою та висаджували їх у ємності з сумішшю стерильний ґрунт + компост + пісок (2:1:1), накриваючи пластиковими пакетами або скляними банками для підтримки високої вологості. Протягом першого тижня рослини перебували під покриттям, після чого вологість поступово знижували шляхом щоденного короткочасного відкривання. Тривалість провітрювання збільшували протягом 2–3 тижнів, а потім покриття знімали повністю. Після 3–4 тижнів повторної адаптації оцінювали приживлюваність – для сорту «Chenin blanc» вона становила 92,0 %, а для «Canonannon» і «Ugni blanc» – 78,6 % та 73,9 %, відповідно [92, 93, 94].

Для адаптації мікроклонів винограду сорту «Parvana» Melyan G. et al. відбирали рослини з добре розвинутою кореневою системою та пересаджували у пластикові горщики зі стерильним субстратом (ґрунт + пісок + торф, 1:1:1), накривали поліетиленовими пакетами та утримували у міні-тепличці при 26 °С, 75,0 % вологості та 16-годинному фотоперіоді. Пакети щодня відкривали на 10–15 хв протягом перших 2 тижнів, після чого вологість поступово знижували, відкриваючи пакети на більш тривалий час (30 хв – кілька годин). Після 4–6 тижнів адаптовані рослини пересаджували у відкритий ґрунт, приживлюваність становила 82,2 % після адаптації та 75,0 % у відкритому ґрунті [178].

Для збільшення виходу адаптованих *in vivo* мікроклонів винограду використовують мінеральні субстрати. Так, у літературі наводяться результати щодо застосування перліту, вермикуліту у чистому виді та у поєднанні з кокосовим субстратом і торфом. Приживлюваність мікроклонів винограду сортів «Pusa Navrang», «Hybrid 76-1», «Жемчуг Саба», «Julesky Muscat» [107], «Піон» [264] на таких сумішах дорівнювала 85,0–90,0 %. Л. В. Іванова-Ханіна проводила адаптацію мікроклонів винограду сорту

«Молдова», «Сурученський білий», «Фрумоаса албе», «Шевченко» та «Каберне Совіньйон» на різних типах субстратів. Після адаптації на поживних субстратах – кокосовий субстрат + агроперліт + Terravet, кокосовий субстрат + вермикуліт + Terravet, торф сфагнум + вермикуліт, приживлюваність мікроклонів була у межах 95,0–98,0 % [16].

Т. М. Черевата проводила адаптацію мікроклонів винограду сортів «Каберне Совіньйон» (клон 441), «Мускат гамбурзький» (клон 2694), «Марсельський чорний ранній» (клон 1294), «Рислінг рейнський» (клон 14172), «Ріпарія × Рупестріс 101-14» (клон 4923), «Берландієрі × Ріпарія Кобера 5ББ» (клон 21192), «Мускат таїровський» (клон 371), «Мускат Жемчужний» (клон 7251), «Оригінал» (клон 5861), «Одеський сувенір» (клон 7844) та «Ріпарія Рупестріс СО4» (клон 1791). Мікроклони висотою 9–10 см, з 7–8 вузлами та добре розвиненою кореневою системою висаджували у ємності з сумішшю іонітного субстрату «Біона» та цеоліту у різних співвідношеннях. Поступову адаптацію рослин до умов навколишнього середовища здійснювали шляхом поетапного відкривання кришок ємностей. Після 10 діб культивування у теплицях оцінювали приживлюваність мікроклонів. Вона дорівнювала – 92,0 % [69].

У роботі Н. М. Зеленянської адаптацію мікроклонів винограду сортів «Шардоне 4876», «Добриня», «Гарант» проводили за трьома способами. Перший спосіб передбачав адаптацію у культуральному боксі з поступовим відкриванням кришечок (від 5 хвилин до 7 діб) та обприскуванням препаратами Vapor Gard / ЕПАА, після чого мікроклони висаджували у цеоліт у захищений ґрунт. Таку адаптацію рекомендовано проводити весною, перед висаджуванням рослин у захищений ґрунт, використовуючи стандартне поживне середовище MS та модифіковане поживне середовище MS (зі зменшеним вмістом макросолей / хелату заліза). Другий спосіб передбачав проведення переадаптації, потім пересадку мікроклонів на різні субстрати – цеоліт, кокосовий субстрат, агроперліт, торф, а також їх суміші з Terrawet і вермикулітом, із поливом поживними розчинами без фітогормонів. Третій

спосіб передбачав об'єднання етапів укорінення та адаптації в умовах *in vitro*. Для цього пасажування рослин проводили на стерильні органічні субстрати. Приживлюваність мікроклонів винограду в контрольних варіантах (цеоліт) дорівнювала 58,0–65,0 %, у дослідних варіантах – збільшувалася і становила 85,5–94,0 % [17].

### **1.5. Особливості перебігу фізіолого-біохімічних процесів рослин в умовах *in vitro***

Структурно-функціональні зміни рослин, які формуються в умовах *in vitro*, ускладнюють процес їх адаптації до неконтрольованих умов *in vivo* та зумовлюють високу летальність до 75,0–100,0 %. Вона, на думку деяких авторів, пов'язана з недостатньою увагою до підвищення життєздатності рослин на етапі культивування *in vitro* та з невідповідністю фізико-хімічних умов *in vitro* потребам рослин *in vivo* [13, 14, 270]. Відомо, що культивування рослин *in vitro* зумовлює перебудову їх анатомічних структур та зміну фізіолого-біохімічного стану рослин. Тому для успішної адаптації мікроклональних рослин до умов *in vivo* необхідно, з одного боку, оптимізувати низку фізичних факторів (субстрат, поживне середовище, вологість повітря, вентиляція, кислотно-лужний баланс (рН) тощо), з іншого – рослини повинні перебувати в такому фізіологічному та біохімічному стані, щоб у подальшому поступово адаптуватися до нових, неконтрольованих умов навколишнього середовища [13, 270].

У цьому контексті визначення основних фізіолого-біохімічних показників у тканинах листків і пагонів рослин у культурі *in vitro* набуває особливої актуальності. Такий аналіз дає змогу оцінити життєздатність та адаптаційну здатність рослин, відстежувати стресові реакції, оптимізувати поживне середовище та концентрації регуляторів росту, підвищувати ефективність мікроклонального розмноження та забезпечувати формування повноцінної морфоструктури. Зокрема:

- аналіз фізіологічних процесів (фотосинтез, транспірація, водний обмін) дає змогу визначити, наскільки ефективно органи рослин пристосовуються до штучних умов і зберігають функціональну активність;
- біохімічні показники (вміст антиоксидантів, листкових пігментів, фенольних сполук, активність ферментів) свідчать про наявність або відсутність оксидативного стресу та допомагають визначити оптимальні умови культивування;
- фізіолого-біохімічний аналіз обґрунтовує вибір концентрацій макро- і мікроелементів, вітамінів та гормонів росту для найкращого розвитку листків і пагонів;
- розуміння внутрішніх процесів дає змогу вдосконалювати протоколи культивування, підвищувати частоту регенерації, зменшувати соматональну мінливість і отримувати більш однорідний, здоровий садивний матеріал;
- оцінка функціонального стану листків і пагонів на біохімічному рівні допомагає визначити ступінь диференціації та готовність рослин до стадії акліматизації та подальшого росту *in vivo*.

Таким чином, визначення основних фізіолого-біохімічних процесів у культурі *in vitro* є ключовим для підвищення приживлюваності рослин у природних умовах і забезпечення успішного переходу від штучного, контрольованого середовища до неконтрольованого.

Водоутримувальна здатність є важливим показником фізіологічного стану рослин, оскільки визначає рівень втрати води вегетативними органами і тісно пов'язана з подальшою адаптацією культур до умов *in vivo*. Аналіз літературних джерел свідчить, що ефективне регулювання цього показника можливе шляхом оптимізації складу поживного середовища *in vitro*. Зокрема, додавання вуглеводів, поліетиленгліколю, амінокислот, антиоксидантів та осмотичних регуляторів сприяє підвищенню водного потенціалу клітин і зменшенню інтенсивності транспіраційних втрат. Дані окремих експериментів підтверджують ключову роль цукрів, насамперед сахарози. Так, у культурі актинідії приємної (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang,

A. R. Ferguson) внесення 2,5 % сахарози в середовище забезпечувало значне підвищення вмісту води (до 60,0 %) в рослинах та високу приживлюваність в умовах *in vivo* – 90,0 % [119]. Подібні результати було отримано і для бамбука звичайного (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J. C. Wendl.) [123].

Збільшенню водоутримувальної здатності клітин мікроклонів рослин сприяє ПЕГ, який вводять до складу поживного середовища. Він є полімером, що має гідрофільні властивості та здатний зменшувати кількість вільної води в клітинах рослин *in vitro*. У роботах Zein El Din A. F. et al., Antonić D. показано, що ПЕГ у кількості 3 % [267] та 20 мг/л [81] у поживному середовищі MS, зменшував відносний вміст води у листках бальзаміну Уоллера (*Impatiens walleriana* Hook. f.) на 38,1 % та у рослин фініку їстівного (*Phoenix dactylifera* L.) на 22,0–27,0 %. Тому після пересаджування цих рослин в умови *in vivo* їх приживлювання сягало 90,0 % проти 63,0 % у контролі [267, 81].

У науковій літературі широко обговорюється вплив фітогормонів на водоутримувальну здатність клітин рослин. Цитокініни, гіберелова кислота (ГКз), тидіазурон, зеатин та індоліл-3-оцтова кислота (ІОК) відіграють ключову роль у регуляції фізіологічних процесів, стимулюючи активність росту й розвитку рослин, що, своєю чергою, підвищує їх здатність утримувати воду. Так, Kemat N. et al., Poniewozik M. et al., Sreelekshmi R. & Siril E. A., Moncalean P. et al. проводили дослідження на культурах гвоздики китайської (*Dianthus chinensis* L.), гусимки звичайної (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.), венериного черевичка (*Paphiopedilum insigne* (Wall. ex Lindl.) Pfitzer), сосни італійської (*Pinus pinea* L.) культивууючи їх на середовищі MS із різним вмістом фітогормонів. У результаті було встановлено, що тидіазурон у концентрації 3,0  $\mu\text{M}$  значно підвищував водоутримувальну здатність рослин (96,7 %) порівняно з контролем (76,4 %). Використання 6-БАП (3,0–13,3  $\mu\text{M}$ ) та зеатину (3,0  $\mu\text{M}$ ) також збільшувало цей показник, хоча ефект був слабший, ніж у тидіазурону (88,2–89,5 % та 87,5 % відповідно; контроль – 76,4–80,2 %). Ауксин ІОК у концентрації 1,0 мг/дм<sup>3</sup> також підвищував

водоутримувальну здатність до 85,7 % проти 78,4 % у контролі. Після пересаджування рослин дослідних варіантів на сфагнум, субстрат для орхідей, торф, ґрунтосуміш в умовах *in vivo*, їх приживлюваність дорівнювала 90,0–95,0 %, при 80,0 % у контролі (середнє) [146, 208, 237, 185].

*Виноград.* Підтримання водоутримувальної здатності на високому рівні має важливе значення як при розмноженні винограду *in vitro*, так і (особливо) при переведенні рослин у неконтрольовані умови *in vivo* [270]. Для підвищення водоутримувальної здатності мікроклонів винограду *in vitro* також успішно використовують ПЕГ, освітлення світлодіодами, фітогормони.

У роботах Mohsen A. et al., Topçu Altinci N. & Cangi R. для сортів винограду «Paulsen 1103», «Ruggeri 140», «Ramsey», «Dog Ridge», «Sultani», «Çalkarası», «Emir», «Boğazkere», «Öküzgözü», «Narince» показано, що внесення 2–6 % ПЕГ у поживне середовище MS сприяло підвищенню водоутримувальної здатності до 77,0–84,0 % [183, 248]. Подібні результати були отримані Гогулінською О. І. при вивченні модельної посухи в умовах *in vitro*. Внесення ПЕГ до поживного середовища MS призводило до зменшення загального обводнення тканин мікроклонів винограду в середньому до 72,2–86,8 % та зниження вмісту легкоутримуваної води до 36,4–57,5 % (у контрольних рослин ці показники дорівнювали відповідно 85,6–86,8 % та 56,6–63,8 %) [9].

У дослідженні Troncoso A. et al. було проаналізовано вплив різних концентрацій NaCl (0–155 мМ) в умовах *in vitro* (середовище VID) на показник водоутримувальної здатності мікроклонів винограду підщеп «41В», «Rupestrisdulot», «110R», «140R», «161-49 Couderc», «13.5 Evex, Ramsey», «196-17 Castel», «Суперіор», а також клонів «СН-1» і «СН-2». Показано, що рослини чутливих генотипів («41В», «Rupestris du lot», «110R», «140R») під дією NaCl характеризувалися зниженням водоутримувальної здатності до 80,0–83,7 % (в порівнянні з контролем – 87,8–96,1 %). У помірно стійких підщеп («161-49», «13.5 Evex, Ramsey») цей показник становив 82,5–87,5 %,

у толерантних («196-17 Castel», «Суперіор», «СН-1», «СН-2») – зберігався на рівні 85,0–90,0 %, що свідчить про здатність цих генотипів підтримувати відносно стабільний водний статус у стресових умовах [249].

У роботі Gribaudo I. et al. показано, що рівень вентиляції культурального посуду інтенсивно впливає на водний стан та здатність затримувати воду у тканинах мікроклонів винограду сорту «Nebbiolo» в умовах *in vitro*. При використанні кришечок з великими отворами (40 мм) водоутримувальна здатність рослин знижувалась до 65,0–70,0 % порівняно з контролем (без отворів) – 90,0–95,0 % [41, 127].

Загальне обводнення. Адаптація рослин, вирощених *in vitro*, до умов *in vivo* значною мірою залежить від балансу між загальним вмістом води та сухої речовини в рослині. Рослини *in vitro* зазвичай вирощуються в контрольованих умовах з високою вологістю, обмеженим доступом світла і відсутністю стресових факторів, притаманних природним умовам. Це призводить до того, що рослини мають високий вміст води і низький вміст сухої речовини, зокрема клітковини, що робить їх менш стійкими до стресів і механічних пошкоджень [129]. При перенесенні рослин *in vitro* в умови *in vivo* важливо, щоб рослини адаптувалися до нових умов, які включають знижену вологість, зміну освітлення, коливання температури. Рослини з вищим вмістом сухої речовини зазвичай краще адаптуються до таких умов, оскільки вони більш стійкі до нестачі води та механічних пошкоджень. Це означає, що для успішної адаптації рослин до умов *in vivo* важливо поступово акліматизувати їх до менш вологих умов і сприяти збільшенню вмісту сухої речовини, що включає зміни в поглинанні поживних речовин, освітленні та інших умовах вирощування [137, 155].

Ключові відмінності у реакції рослин петунії гібридної (*Petunia hybrida* hort. ex E. Vilm.) та гарбуза звичайного (*Cucurbita pepo* L.) на зміну відносної вологості повітря у контрольованих умовах показані у дослідженні Neri M. et al. При зниженні вологості у культуральних ємностях до 30 % *P. hybrida* характеризувалася високою водоутримувальною здатністю – втрачала лише

3,9 % води за 6 годин; *C. Pero*, навпаки, характеризувався дуже низькою водоутримувальною здатністю, оскільки втрачав 34,0 % вологи всього за 90 хв. За даними досліджу, приблизно 65,0–70,0 % рослин *in vitro* успішно адаптувалися протягом першого місяця, тоді як контрольні рослини з насіння мали приживлюваність понад 90,0 % [191].

Температура також істотно впливає на вміст загальної води та сухих речовин у рослин, вирощених *in vitro*. Так Cha-um S. et al. і Fialhodos Santos K. C. et al. встановлено, що при культивуванні рослин роду фаленопсис (*Phalaenopsis* spp. Blume), троянди гібридної (*Rosa hybrida* L.) і гвоздики садової (*Dianthus caryophyllus* L.) за температури 35 °C загальний вміст води становив 44,0 %, а сухих речовин – 56,0 %. Водночас при зниженні температури до 15–18 °C цей показник змінювався в межах 41,0–94,0 % для води та 6,0–39,0 % для сухих речовин. У роботі Kozai T. et al. зазначено, що за температури 20–23 °C обводнення дорівнювало 85,0 %, а вміст сухих речовин – 15,0 %. Автори підкреслюють, що вже на етапі культивування *in vitro* необхідно контролювати мікроклімат у культуральному посуді, оскільки це сприяє формуванню рослин зі зниженим рівнем загального обводнення та більшою стійкістю тканин мікроклонів [100, 150].

Значення цих показників змінюється також під впливом інтенсивності освітлення, спектрального складу світла та тривалості фотоперіоду. При вирощуванні *in vitro* тирлича жовтого (*Gentiana lutea* L.) Л. Р. Грицак та ін. вивчали вплив спектрального складу світла (різні співвідношення хвиль синього, зеленого та червоного діапазонів) на вміст води та сухих речовин у рослин. Було встановлено, що оптимальним є співвідношення 25 : 27 : 48, яке порівняно з контролем (біле світло) сприяло накопиченню більшої кількості сухих речовин (на 15,0–20,0 %) у тканинах листків та підвищенню загального вмісту води (на 7,5–9,8 %) [12]. Подібні результати були отримані Naznin M. et al. для мікроклональних рослин помідору їстівного (*Solanum lycopersicum* L.) [191].

Laforge F. et al. встановили, що вміст сухих речовин у листках

мікроклонів малини звичайної (*Rubus idaeus* L.) залежав від рівня CO<sub>2</sub> та освітлення. У контрольних варіантах (низький рівень CO<sub>2</sub> та освітленості) цей показник становив 6,0–7,0 %, за умов підвищеного вмісту CO<sub>2</sub> (1000 ppm) та освітленості 150–200 мкмоль м<sup>-2</sup> с<sup>-1</sup> він зростав до 12,0–13,0 %. Вміст води у тканинах контрольних мікроклонів дорівнював 93,0–94,0 %, дослідних – знижувався до 87,0–88,0 %. При перенесенні рослин до умов *in vivo* було встановлено, що в контролі приживлюваність становила 50,0–60,0 %, у варіантах з підвищеним рівнем CO<sub>2</sub> та освітленості – 80,0–90,0 % [154].

Martínez-Santos E. et al., Hernández-Pérez C. A. et al. оцінювали зміну вмісту води і сухих речовин у тканинах рослини ванілі плосколистої (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews), цукрової тростини (*Saccharum* spp.) різних сортів, в умовах водного стресу *in vitro*, індукованого ПЕГ. Результати показали, що загальне обводнення тканин було на рівні 85,0–89,7 %, вміст сухих речовин – на рівні 10,0–15,8 % при концентраціях ПЕГ 1–9 %. У складі поживного середовища MS без ПЕГ цей показник дорівнював відповідно 92,0–92,5 % (вода) та 7,5–7,9 % (сухі речовини) [175, 134].

*Виноград.* Нео J. W. et al. і Liu M. et al. встановили, що на загальне обводнення і вміст сухих речовин тканин листків та пагонів мікроклонів винограду сортів «Teleki 5BB» і «Weihong» позитивно впливав спектр світла, а саме застосування червоного та червоного і синього світла. Воно сприяло збільшенню кількості сухих речовин у мікроклонів винограду, в середньому, на 53,6 % порівняно з контролем (біле світло), зменшенню вмісту загальної води – на 8,0 %. Адаптацію мікроклонів не проводили [133, 167].

При додаванні поліетиленгліколю (ПЕГ) у концентраціях 2, 4 і 6 % до поживного середовища MS О. І. Гогулінська та Topçu Altıncı N. et al. встановили, що у мікроклонів винограду сортів «Кречунел-2», «Таїровський-1», «Добриня», «Мускат гамбурзький», «Кобзар», «Sultani», «Çalkarası», «Emir», «Boğazkere», «Öküzgözü» та «Narince» загальний вміст води у тканинах зменшувався зі зростанням концентрації ПЕГ (38,4–50,3 % проти 59,7–81,9 % без його застосування). Водночас вміст сухих речовин

підвищувався – у дослідженнях О. І. Гогулінської – до 49,7–61,6 % проти 18,1–40,3 % у контролі, у роботі Topçu Altıncı N. & Cangı R. – до 19,4–34,6 % проти 10,1–18,5 % у контролі [9, 248].

Інтенсивність транспірації у рослин in vitro визначається як випаровування води з клітин і тканин за одиницю часу. У мікроклональних рослин, що культивуються *in vitro*, цей процес є складнішим, оскільки рослини знаходяться в штучному середовищі і позбавлені деяких механізмів, які забезпечують нормальну транспірацію в природних умовах. Інтенсивність транспірації залежить від багатьох факторів, серед яких вологість поживного середовища, рівень освітлення, склад середовища та інші фактори [42, 84]. Контроль цього показника є важливим для забезпечення оптимальних умов росту та розвитку рослин *in vitro*, оскільки від нього залежить доступність води та поживних речовин для клітин і тканин. Крім того, інтенсивність транспірації впливає на здатність рослин адаптуватися до неконтрольованих умов. Висока транспірація у рослин *in vitro* може призводити до значної втрати води, що створює стрес для тканин та знижує їх приживлюваність і здатність до виживання після перенесення у природне середовище [46].

Для регуляції процесу транспірації вітаниї снодійної (*Withania somnifera* (L.) Dunal), тирлича жовтого (*Gentiana lutea* L.), рослин роду хризантеми (*Chrysanthemum* spp.), рису посівного (*Oryza sativa* L.) застосовували світлодіоди червоного, синього і зеленого спектрів у різних співвідношеннях, а також поєднання люмінесцентного холодного білого світла з фітолампами. Ефективними виявилися спектральні комбінації з підвищеною часткою синього та зеленого світла, які знижували випаровування води, тоді як збільшення частки червоного світла підвищувало температуру листкової пластинки та посилювало транспірацію [159, 13, 37, 94, 205].

Додавання цукрів (сахарози та глюкози) у різних концентраціях до поживного середовища сприяло зниженню інтенсивності транспірації *in vitro* у тритикале (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus.), еустоми великоквіткової (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.). Зокрема, у тритикале внесення глюкози

й сахарози (0,5 ммоль/л) у рідке середовище Хогланда зменшувало транспірацію до 0,15 та 0,17 ммоль·м<sup>-2</sup>×с<sup>-1</sup>. У еутосоми великоквіткової підвищення концентрації цукрів до 30 г/л також призводило до зниження інтенсивності транспірації – до 1,2 ммоль·м<sup>-2</sup>×с<sup>-1</sup> при використанні сахарози та до 0,6 ммоль·м<sup>-2</sup>×с<sup>-1</sup> при внесенні глюкози. Перенесення мікроклональних рослин із нижчим рівнем інтенсивності транспірації в умови *in vivo* забезпечувало підвищення їх приживлюваності до 85,0–90,0 % [256, 103].

Зниження вологості у культуральному посуді також впливало на інтенсивність транспірації у рослин картоплі (*Solanum tuberosum* L.) при культивуванні *in vitro*. Було встановлено, що при підтриманні вологості на рівні 84,0 % цей показник дорівнював 5,0 мг/см<sup>2</sup>×год, а при підтриманні вологості на рівні 75,0 % – 1,7 мг/см<sup>2</sup>×год [241].

*Виноград.* Для зменшення інтенсивності транспірації мікроклонів винограду використовували антитранспіранти, абсцизову кислоту, ПЕГ. У роботі Н. М. Зеленянської наведено результати досліджень щодо використання антитранспірантів (Vapor Gard (1,5 %) та ЕПАА (0,4 %) для зменшення випаровування води з листків мікроклонів винограду. Їх застосування сприяло зниженню інтенсивності транспірації у мікроклонів підщепного сорту «Гарант» – до 5,0–7,7 г/м<sup>2</sup>×год (при 12,7 г/м<sup>2</sup>×год у контролі) через 30 хв. Після перенесення рослин у теплицю на цеолітовий субстрат рівень їх приживлюваності становив 55,0–77,0 %.

З метою зниження інтенсивності транспірації мікроклонів винограду *in vitro* О. І. Гоголінська додавала до поживного середовища ПЕГ у концентрації 4–8 %, що забезпечувало зменшення цього показника у форми «Таїровський-1» на 21,7–43,1 % порівняно з контролем без ПЕГ [17, 108, 9].

Накопичення пігментів у тканинах рослин *in vitro*. Хлорофіли *a* і *b* та каротиноїди відіграють важливу роль в адаптації мікроклональних рослин з умов *in vitro* до *in vivo*, оскільки забезпечують ефективне функціонування фотосинтетичного апарату. Хлорофіл *a* є основним пігментом, що бере участь у первинних реакціях фотосинтезу, хлорофіл *b* розширює спектр поглинання

світла та підвищує ефективність фотосинтетичних процесів. Каротиноїди не тільки виконують світлозахисну функцію, але й беруть участь у формуванні антиоксидантного захисту. Оптимальне співвідношення цих пігментів у листках сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових чинників під час акліматизації та забезпечує їх кращу приживлюваність у природних умовах [233].

Для інтенсивного синтезу пігментів у рослин *in vitro* важливими є фітогормональний склад поживного середовища MS. За даними власного дослідження Nowakowska K. et al. показали, що додавання тидіазурону до поживного середовища при культивуванні рослин роду рододендрон (*Rhododendron* spp.) призводило до збільшення вмісту хлорофілів *a* і *b* на 18,2 %, внесення зеатину та 2ір забезпечувало збільшення цього показника на 29,0–34,0 %. При цьому спостерігалось і підвищення вмісту каротиноїдів [197]. Водночас, за даними Pazurkiewicz-Kocot K. et al., при культивуванні кукурудзи звичайної (*Zea mays* L.) внесення кінетину до поживного середовища призводило до зменшення вмісту хлорофілу *a* в середньому на 5,0–25,0 %, що підкреслює специфічний вплив регуляторів росту залежно від виду рослини [202].

Крім того, Martins J. P. R. et al. та Reisdörfer-Schorr M. et al. показали, що внесення цукрів до середовища MS також впливає на синтез пігментів – наприклад, додавання 30 г/л сахарози збільшувало вміст хлорофілів *a* і *b* до 24,0 і 9,0 мг/г вологої маси у більбергії зебрової (*Billbergia zebrina* (Herb.) Lindl.) та евкаліпту сольового (*Eucalyptus saligna* Sm.), підвищення концентрації сахарози до 60 г/л зменшувало вміст цих пігментів до 16 і 7 мг/г вологої маси [177, 219].

Дослідження Silva M. M. et al., Shin K. S. et al. та Marín-Martínez L. A. et al. показали, що тип освітлення та спектральний склад світла суттєво впливають на синтез пігментів у рослин *in vitro*. Зокрема, концентрація хлорофілів та каротиноїдів у листках саджанців цукрової тростини (*Saccharum officinarum* L.) та рослин роду доритенопсис (*Doritaenopsis* spp.

Guillaumin) варіювала залежно від спектру світла, причому найвищий вміст хлорофілів спостерігався після впливу білого світла – 0,82–0,90 мг/г вологої маси [174, 227].

*Виноград.* Синтез пігментного комплексу винограду в культурі *in vitro* значною мірою визначається складом поживного середовища. Дослідження показали, що використання середовищ GHC (Galzy, Haffner і Compan) [121], RAZ (Roubelakis-Angelakis і Zivanovitch) [217], C2d (Chee і Pool) [103] та DSD1 (Silva і Doazan) [230], які містили 20 г/л сахарози та 7 г/л агару і не містили регулятори росту, сприяло не тільки росту рослин, але й оптимізувало умови для накопичення хлорофілів та каротиноїдів у тканинах мікроклонів [93]. Проте робота Tarinejad A. & Amiri S. на сорті винограду «Shahroudi» показала, що підвищення концентрації сахарози у середовищі до 60 та 90 г/л сприяло накопиченню у листках 0,456 мг/г та 0,494 мг/г вологої маси хлорофілу, що свідчить про значний вплив цього компонента на синтез пігментів [242].

Світловий режим культивування винограду *in vitro* є ще одним фактором, що впливає на синтез пігментів у тканинах мікроклонів винограду. Зокрема, використання світлових діодів з певним спектром світла – червоним та синім – сприяло накопиченню хлорофілів, каротиноїдів та підвищенню фотосинтетичної активності у сортів винограду «Hybrid Blanc», «Ryuukuuganebu», «Kadainou R-1». Результати показали, що відносний індекс хлорофілу під впливом синього світла становив 25,0–33,0, що свідчить про нижчий рівень синтезу пігментів порівняно з червоним світлом, але вищий за контроль [210]. Wang S. et al. навпаки довели, що вміст хлорофілів під впливом синього та червоного світла у сортів винограду «Італія» і «Кишмиш Століття» зменшувався на 0,6–21,6 % порівняно з початковим значенням [257].

## **1.6. Особливості анатомічної будови листкових пластинок рослин в умовах *in vitro***

Анатомія нижнього епідермісу листків мікроклонів у культурі *in vitro* має важливе значення для розуміння процесу газообміну між рослиною та навколишнім середовищем через продихи [66]. Продихи рослин *in vitro* складаються з двох замикаючих клітин. Залежно від вологості та інших факторів, продихи відкриваються і закриваються, регулюючи рівень газообміну рослин із зовнішнім середовищем. Це допомагає рослинам зберігати вологу, необхідну для їх фізіологічних процесів [66]. Під час культивування рослин *in vitro* продихи стають менш активними та ефективними у газообміні з навколишнім середовищем, що при перенесенні рослин в умови *in vivo* може спричиняти надмірну втрату води та загибель значної частини мікроклонів. Тому важливо розробити технологічні прийоми, які регулюватимуть активність продихів, як у культурі *in vitro*, так і під час адаптації до умов *in vivo*.

У наукових працях Akita K. et al., Kottapalli J. et al., Li Y. et al. показано, що високі концентрації цукрів у поживному середовищі зменшують апертуру та провідність продихів, знижують транспірацію та порушують їх просторову організацію, обмежуючи газообмін. Тому для забезпечення оптимальної роботи продихового апарату *in vitro* доцільно використовувати поживні середовища MS із низьким вмістом цукру. Зокрема, у дослідженнях на *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., пшениці звичайній (*Triticum aestivum* L.) та кавуні (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) встановлено, що високі концентрації сахарози (34–68 г/л), глюкози (18–36 г/л) та фруктози (18–36 г/л) зменшували розмір продихових щілин (апертуру) на 26,0–54,0 % порівняно з контролем. Одночасно знижувалися провідність продихів і інтенсивність транспірації на 27,0–49,0 %, а також спостерігалось збільшення угруповань продихів (пари, трійки, четвірки та групи з 5–12 шт.) порівняно з рослинами на середовищі без цукру [77, 149, 164].

На функціонування продихів значний вплив мають фітогормони, які додають до поживного середовища. Зокрема, цитокініни, такі як 6-БАП і

кінетин, стимулюють поділ клітин і розвиток листків, що призводить до збільшення кількості та розміру продохів. Так, Mani M. & Shekhawat M. S. на прикладі культивування пасифлори смердючої (*Passiflora foetida* L.) показали, що внесення 6-БАП та кінетину у концентрації 0,5 мг/л на етапі субкультивування сприяло утворенню більшої кількості пагонів. Проте після перенесення рослин з культури *in vitro* в умови *in vivo* спостерігалось зниження індексу продохів (з  $23,2 \pm 0,15$  % (контроль) до  $21,0 \pm 0,19$  %), що пов'язують із перебудовою листкової пластинки в процесі адаптації. У природних умовах збільшувалася щільність продохів, кількість жилкових (з  $10,0 \pm 0,14$  до  $15,6 \pm 0,24$  шт./мм<sup>2</sup>) та кінцевих відгалужень (з  $1,6 \pm 0,14$  до  $5,0 \pm 0,20$  шт./мм<sup>2</sup>), а також суттєво зростала густота трихом, що розглядається як адаптивна реакція рослин до природних умов вирощування [171]. Franks P. J. & Farquhar G. D. і Leckie C. P. et al. вказують на позитивний вплив щодо функціонування продихового апарату абсцизової кислоти. Її додавали до поживного середовища, на якому культивували традесканцію віргінську (*Tradescantia virginiana* L.) та біб кінський (*Vicia faba* L.). Вони встановили, що вона сприяє збільшенню ширини продихових щілин до 20,0–25,0 мкм та площі продохів до 120,0–200,0 мкм<sup>2</sup> [117, 158].

У роботах Saeedi S. A. et al., Liu-Gitz L. et al. та Silvestri C. et al. показано позитивний вплив синього, червоного та білого спектрів світла на формування продихового апарату мікроклональних рослин. Зокрема, під час культивування *in vitro* горіха волоського (*Juglans regia* L.), сої культурної (*Glycine max* (L.) Merr.) та ліщини звичайної (*Corylus avellana* L.) максимальна щільність продохів (149,7–216,0 шт./мм<sup>2</sup>) формувалася під дією синього світла, тоді як найбільші за розмірами продихові клітини (до 38,9 мкм завдовжки) утворювалися під впливом білого та червоного світла [220, 168, 232].

*Виноград.* Наукових праць щодо досліджень нижнього епідермісу листків рослин винограду в культурі *in vitro* дуже мало. Poudel P. R. et al. вивчали вплив спектрального складу світла на формування продихового

апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду сортів «Hybrid Blanc», «Ryuukuuganebu», «Kadainou R-1». Було встановлено, що під впливом синього спектру світла у всіх сортів на 1 мм<sup>2</sup> утворювалась найбільша кількість продихів – 308,6, 245,7 і 278,1 шт. з найбільшою довжиною і шириною продихових клітин – 27,8×22,4 мкм і 23,5×16,0 мкм, при 24,5×16,1 мкм і 22,6×11,3 мкм у контролі [210].

## Висновки до розділу 1

1. Мікроклональне розмноження рослин є сучасною біотехнологічною основою отримання високоякісного садивного матеріалу, оскільки воно ґрунтується на тотіпотентності клітин, регенераційних процесах та апікальному домінуванні. Сьогодні відомо кілька підходів до мікророзмноження, які відрізняються між собою рівнем генетичної стабільності, технічною складністю та ефективністю, але всі вони забезпечують можливість швидкого розмноження цінних генотипів, збереження рідкісних видів, отримання оздоровленого матеріалу та організацію цілорічного процесу культивування рослин.

Аналіз літературних джерел свідчить, що ефективність введення рослин у культуру *in vitro* значною мірою залежить від типу ініціальних експлантів, їх фізіологічного стану та дотримання оптимальних умов стерилізації. Найвищі показники приживлюваності та морфогенетичної активності, за даними різних авторів, характерні для верхівок пагонів і бічних бруньок. Для винограду найбільш прийнятними ініціальними експлантами є верхівки пагонів та одновічкові мікрочубуки, відібрані з певних вузлів пагону. Встановлено, що застосування ефективних схем поверхневої стерилізації у поєднанні з антибіотиками дає змогу істотно знизити рівень контамінації та забезпечити високу приживлюваність експлантів, що є визначальним для подальшого успішного мікроклонального розмноження.

2. Проліферація пазушних бруньок і формування пагонів із ініціальних

експлантів є основними показниками ефективності мікроклонального розмноження рослин. Формування в умовах *in vitro* рослин із рівномірно розвиненими пагонами, достатньою висотою, кількістю вузлів і листкових пластинок забезпечує їх високу приживлюваність після перенесення в умови *in vivo*. Інтенсивність зазначених процесів визначається складом поживного середовища та умовами культивування. Найбільш дієвими для стимулювання проліферації і росту пагонів мікроклонів є поживні середовища та їх модифікації, спрямовані на оптимізацію фітогормонального складу (концентрацій цитокінінів, ауксинів, гіберелінів) та вмісту додаткових біологічно активних компонентів (як приклад, кокосова вода, активоване вугілля, вода з низьким вмістом дейтерію та ін.). Такі модифікації можуть забезпечувати високий рівень проліферації (70,0–100,0 %) та інтенсифікацію ростових процесів, але їх ефективність залежить від виду та сорту рослин.

У мікроклональному розмноженні винограду для ранньої проліферації пазушних бруньок зазвичай використовують поживні середовища з підвищеним вмістом фітогормонів, зокрема цитокінінів та ауксинів, які стимулюють утворення пагонів із різних типів ініціальних експлантів. Але культивування ініціальних експлантів на таких поживних середовищах часто супроводжується калусоутворенням, вітрифікацією тканин і порушенням балансу між розвитком пагонів та кореневої системи, що негативно впливає на подальшу стійкість рослин.

Для покращення біометричних показників мікроклонів винограду використовують альтернативні компоненти поживних середовищ, зокрема кукурудзяний крохмаль, гуарову камедь, фітогелі, активоване вугілля та кокосову воду. Проте їх дія має видо- та сортоспецифічний характер і може проявлятися як у пригніченні росту, так і в надмірному обводненні тканин та посиленні ростових процесів, що зрештою призводить до зниження приживлюваності рослин в умовах *in vivo*.

У зв'язку з цим перспективним для винограду є використання поживних середовищ зі зниженими концентраціями фітогормонів у поєднанні

з компонентами, що забезпечують стабільний морфогенез. Пошук і застосування нових ефективних біологічно активних препаратів та компонентів для введення до складу поживних середовищ, які будуть компенсувати зменшення гормонального навантаження та забезпечувати умови для оптимального росту і функціонування мікроклонів з урахуванням сортових особливостей, є актуальним напрямом досліджень.

3. Ефективність ризогенезу ініціальних експлантів та формування повноцінної кореневої системи мікроклональних рослин значною мірою визначає рівень їх приживлюваності на етапі подальшої адаптації до умов *in vivo*. Ефективність цього процесу визначається комплексом факторів, зокрема складом поживного середовища, типом та концентраціями регуляторів росту, фізико-хімічними властивостями субстратів, використанням біологічно активних домішок і фізичними параметрами.

Більшість досліджень, проведених для винограду, підтверджує ключову роль ауксинів для стимулювання коренеутворення і насамперед ІМК, оскільки ефективність застосування ІОК та  $\alpha$ -НОК суттєво залежить від виду і генотипу рослин та концентрації препаратів. Значний інтерес становить і використання природних біологічно активних компонентів (кокосова вода, рослинні екстракти та екстракти водоростей, пробіотики, мікоризоутворюючі мікроорганізми), які часто забезпечують високий рівень ризогенезу, розвиток кореневої системи та подальшу адаптацію рослин. Проте необхідно враховувати, що при застосуванні фітогормонів необхідно суворо дотримуватися точного дозування, умов освітлення та режиму зберігання, оскільки порушення цих параметрів знижує ефективність коренеутворення; на сучасному ринку представлено обмежений асортимент подібної продукції, при цьому багато з них характеризуються високою вартістю, що обмежує їх широке застосування.

До більш дешевих і доступних компонентів поживного середовища можна віднести інертні субстрати. У поєднанні з рідкими поживними середовищами, за рахунок покращення аерації та зменшення

світлопроникності субстрату, вони сприяють збільшенню кількості укорінених рослин та сприяють формуванню морфологічно повноцінних коренів. Але такий ефект не є універсальним для всіх культур, тому результати залишаються дискусійними. Для винограду такі дослідження не проводили.

4. Постасептична адаптація є завершальним і надзвичайно важливим етапом мікроклонального розмноження, від ефективності якого залежить приживлюваність рослин під час переведення з умов *in vitro* до умов *in vivo*. На цьому етапі найбільше проявляються негативні наслідки культивування рослин *in vitro* – недорозвиненість анатомічно-морфологічних структур, слабка фотосинтетична активність, недостатньо розвинені корені та продиховий апарат, що підвищує ризик зневоднення та ураження патогенами. Аналіз літературних джерел показує, що успішність постасептичної адаптації визначається, здебільшого, зовнішніми факторами, серед яких: контроль вологості у культуральних ємностях на етапі переадаптації; оптимальний добір субстратів і ґрунтосумішей (торф, перліт, вермикуліт, кокосовий субстрат, цеоліт, іонітний субстрати та їх комбінації); поступова адаптація в касетах або горщиках під плівкою чи склом; обробка рослин біопрепаратами, мікоризою, фунгіцидами та антитранспірантами; а також регулювання освітлення, фотоперіоду, температури та вологості в теплицях або кліматичних камерах.

Для винограду більшість досліджень із адаптації мікроклонів спрямована на оптимізацію зовнішніх умов – добір субстратів, контроль вологості, поступове відкривання покриття, регулювання мікроклімату та використання біопрепаратів, що не завжди дає змогу досягати високої приживлюваності рослин після перенесення з умов *in vitro* у *in vivo*. Разом із тим питання оптимізації фізіолого-біохімічного та анатомічного стану мікроклонів, що формується під час культивування *in vitro* та суттєво впливає на їх здатність до адаптації, залишається недостатньо вивченим. Це обґрунтовує необхідність подальших досліджень, спрямованих на комплексне

поєднання внутрішніх характеристик рослин із зовнішніми факторами адаптації.

5. На прикладі багатьох сільськогосподарських культур показано, що підвищення приживлюваності рослин в умовах *in vivo* залежить від фізіолого-біохімічного та анатомічного стану мікроклональних рослин. Тому ще на етапі культивування *in vitro* необхідно створювати такі умови, які забезпечують у тканинах мікроклонів високу водоутримувальну здатність, збалансований рівень загального обводнення та вміст сухих речовин, регульовану інтенсивність транспірації, накопичення фотосинтетичних пігментів і формування функціонально активного продигового апарату. Сукупність цих показників підвищує стійкість рослин до стресових чинників неконтрольованого середовища на етапі адаптації *in vivo*.

Як правило, досягнення оптимального стану мікроклонів забезпечується шляхом оптимізації складу поживного середовища (введення вуглеводів, поліетиленгліколю, амінокислот, антиоксидантів, регуляторів росту), а також контролю параметрів освітлення, спектрального складу світла, температури, вологості повітря та вентиляції культуральних ємностей. Водночас, за даними літературних джерел, вплив зазначених факторів на перебіг основних фізіолого-біохімічних процесів у тканинах вегетативної маси та на формування морфо-анатомічної структури мікроклональних рослин є неоднозначним і не завжди позитивним, що зумовлено видовими, сортовими, генотиповими та клональними особливостями реакції рослин. Крім того, навіть у дослідженнях, де визначався комплекс відповідних показників, вони не завжди були спрямовані на оцінку адаптивності *in vivo* та їх подальшої приживлюваності.

Стосовно винограду слід зазначити, що кількість наукових праць, присвячених вивченню фізіолого-біохімічних показників мікроклональних рослин, є вкрай обмеженою. Роботи були зосереджені переважно на характеристиці водного режиму та вмісту сухих речовин у листках. Анатомічні особливості формування листкових пластинок у мікроклонів

винограду практично не досліджені. У зв'язку з цим, визначення та цілеспрямоване формування комплексу фізіолого-біохімічних і анатомічних показників тканин надземної вегетативної маси мікроклональних рослин винограду на етапі культивування *in vitro* є надзвичайно актуальним завданням сьогодення.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТИ, МЕТОДИ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1. Об'єкти та схеми дослідження

Роботу проводили у відділі розсадництва, розмноження та біотехнології винограду Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова» НААН України протягом 2019–2022 рр.

Матеріалом для дослідження були одновічкові, двовічкові мікрочубуки та мікроклони винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» і «Загрей».

«Добриня» («Каберне Совіньйон» × «Рупестріс дю Ло») – підщепний сорт винограду, раннього строку дозрівання. Вегетаційний період, від початку розпускання бруньок до листопада становить 190 днів. Пагони сильнорослі. Ступінь визрівання пагонів до 95 %, порослеутворювальна і пасинкоутворювальна здатність слабка. Вихід стандартних чубуків складає 60 тис. шт./га. Здатність чубуків до укорінення – 70 %. Включений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2007 році [2].

«Гарант» («Кречунел 2» × («Мцване» × «Ріпарія») + Ріхтер 99 + сіянець Ріпарія Караджи) – підщепний сорт винограду раннього строку дозрівання. Вегетаційний період від початку розпускання бруньок до листопада становить 184 дні. Пагони сильнорослі, напіврозлогі. Ступінь визрівання пагонів до 85 %, порослеутворювальна і пасинкоутворювальна здатність середня. Здатність чубуків до укорінення – 68 %. Вихід стандартних чубуків складає 74 тис. шт./га. Включений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2014 році [2].

«Ярило» («Гечеї заматош» × «Роднічок») – технічний сорт винограду, раннього строку дозрівання. Ріст кущів середньо-сильний, визрівання пагонів добре, зимостійкість середня. Сорт стійкий до грибних хвороб. Урожайність – 15,5 т/га. Середня маса грона 155 г, середня маса ягоди 1,7 г. Цукристість

соку ягід – 200 г/дм<sup>3</sup>, кислотність – 6,0 г/дм<sup>3</sup>. Дегустаційна оцінка сухого вина 7,95 бали. Включений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2020 році [2].

«Загрей» («Овідіопольський» × «Мускат рожевий») – технічний сорт винограду, середньо-пізнього строку дозрівання. Ріст кущів середній, визрівання пагонів добре, зимостійкість і морозостійкість висока. Сорт стійкий до грибних хвороб. Урожайність – 13,0 т/га. Середня маса грона 170 г, середня маса ягоди 2,2 г. Цукристість соку ягід – 173 г/дм<sup>3</sup>, кислотність – 9,1 г/дм<sup>3</sup>. Дегустаційна оцінка сухого вина 7,8 бали. Включений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2006 році [2].

Наукове дослідження передбачало проведення двох дослідів, у яких вивчали вплив складу поживних середовищ (дослід 1) та мінеральних субстратів (дослід 2) на регенераційні та біометричні показники, фізіолого-біохімічний стан мікроклонів винограду на етапі передаптації *in vitro* та приживлюваність рослин *in vivo*.

Схема проведення дослідження:

**Дослід 1. Визначення оптимального поживного середовища:**

Варіант 1 (контроль 1) – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП;

Варіант 2 (контроль 2) – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП;

Варіант 3 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + Радіфарм 2,5 мл/л;

Варіант 4 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП + Радіфарм 2,5 мл/л;

Варіант 5 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + Clonex gel;

Варіант 6 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП + Clonex gel;

Варіант 7 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + агроперліт (1:1);

Варіант 8 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП + агроперліт (1:1);

Варіант 9 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + вермикуліт (1:1);

Варіант 10 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП + вермикуліт (1:1);

Варіант 11 – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1);

Варіант 12 – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1).

*Дослід 2. Визначення оптимального поживного мінерального субстрату:*

Варіант 1 (контроль 1) – MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП;

Варіант 2 (контроль 2) – MS + 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП;

Варіант 3 – Агроперліт;

Варіант 4 – Вермикуліт;

Варіант 5 – Агроперліт + вермикуліт (1:1).

Контрольними варіантами у досліді були стандартні поживні середовища MS із концентраціями фітогормонів 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП та 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП, без додавання біологічно активних препаратів і мінеральних субстратів (додаток В).

У досліді 1, на агаризовані поживні середовища висаджували одновічкові ініціальні експланти винограду, у досліді 2 – на поживні мінеральні субстрати висаджували двовічкові ініціальні експланти винограду.

Стандартне поживне середовище MS готували згідно з прописом, наведеним у додатку Г [188]. Стандартне MS та модифіковані поживні середовища дослідних варіантів автоклаували за температури 120 °С при 1 атм протягом 15 хв.

Поживні середовища розливали у скляні ємності діаметром 40 мм, висотою 150 мм. Об'єм поживного середовища дорівнював 20–25 мл.

Після застигання поживного середовища, на основі агроперліту і вермикуліту або їх суміші, утворювалося двошарове середовище:

- верхній шар – агроперліт, просякнений агаровим середовищем, нижній – агарове середовище з вкрапленнями агроперліту (MS + агроперліт);
- верхній шар – агарове середовище з вкрапленням вермикуліту, нижній – вермикуліт, просякнений агаровим середовищем (MS + вермикуліт);
- верхній шар – агроперліт, просякнений агаровим середовищем, нижній шар – вермикуліт, просякнений агаровим середовищем (MS + агроперліт + вермикуліт).

Препарат Радіфарм додавали під час приготування поживного середовища MS у концентрації 2,5 мл/л.

Препарат Clonex gel використовували для обробки базальної частини ініціальних експлантів під час висаджування на поживне середовище MS.

Поживні мінеральні субстрати розсипали у скляні ємності діаметром 70 мм і висотою 95 мм. Об'єм поживного мінерального субстрату дорівнював 50 мл. Поживні мінеральні субстрати автоклавували за температури 120 °C при 1 атм протягом 45 хв.

## 2.2. Обліки, аналізи і методи дослідження

Під час дослідження проводили такі визначення та обліки:

### 1. Регенераційні показники:

- кількість вибракуваних експлантів, у яких спостерігали грибкове або бактеріальне зараження (%);
- приживлюваність експлантів (%) через 30 діб культивування;
- початок проліферації пазушних бруньок (діб);
- кількість експлантів із проліферацією пазушної бруньки (%);
- початок ризогенезу (діб);
- кількість експлантів із коренями (%);

### 2. Біометричні показники росту і розвитку мікроклонів винограду оцінювали через 60 діб культивування за:

- висотою рослин (см);
- кількістю листків (шт.);
- площею листків (см<sup>2</sup>);
- площею листової поверхні (см<sup>2</sup>/м);
- облистяністю (дм<sup>2</sup>/м);
- кількістю коренів I та II порядків (шт.);
- загальною довжиною коренів, довжиною одного кореня, у тому числі за градаціями (см);

### 3. Фізіологічні і біохімічні показники листків та пагонів:

- водоутримувальну здатність через проміжки часу (5, 10, 15, 20, 30, 60 хв) (%) за методом «зав'ядання» за методом А. Арланда [4, 70];
- вміст води і сухих речовин (24 год) (%) ваговим методом [58, 70];
- вміст легкоутримуваної води (4 год) (%) [70];
- вміст пігментів (мг/г вологої маси) за методом Т. М. Годнева [50];
- інтенсивність транспірації за методом Л. І. Іванова за короткі проміжки часу (через 5, 10 хв) ( $\text{г/м}^2 \times \text{год}$ ) [56, 70];

### 4. Показники формування продихового апарату методом виготовлення відбитків нижнього епідермісу [6, 7]. При цьому визначали:

- кількість продихів на  $1 \text{ мм}^2$  (шт.) (збільшення  $\times 20$ );
- кількість продихів на листовій пластинці (шт.);
- довжину продихів (мкм) ( $\times 40$ );
- ширину продихів (мкм) ( $\times 40$ );
- ширину продихової щілини (мкм);
- ширину замикаючої клітини (мкм) ( $\times 40$ );
- площу продихів ( $\text{мкм}^2$ ), за формулою (2.1):

$$S = \pi \times \left(\frac{L}{2}\right) \times \left(\frac{W}{2}\right), \quad (2.1)$$

де:

S – площа продихів ( $\text{мкм}^2$ );

L – довжина продихів (мкм);

W – ширина продихів (мкм);

відповідно до морфометричного підходу Pompelli [207] та оцінки розміру продихів за Omasa K. & Onoe M. [197] і Franks P. J. & Farquhar G. D. [117]. Препарати-відбитки досліджували за допомогою світлового мікроскопа Біолам ЛОМО Р-17 при збільшеннях  $\times 20$  (для визначення кількості продихів) та  $\times 40$  (для морфометричних вимірювань). Вимірювання розмірів клітин здійснювали з використанням окуляр-мікрометра з вимірювальною шкалою. Показники анатомічної будови продихів і їх кількість визначали в кожному

варіанті на трьох препаратах [7].

5. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* визначали через 30, 60 та 90 діб культивування (%).

Повторність дослідження була трикратною. У кожному варіанті було 30 об'єктів (ініціальні експланти, мікроклони).

6. Економічну ефективність удосконалених методів дослідження розраховували (на 1000 шт. адаптованих мікроклонів) [54]. При цьому враховували витрати на одержання адаптованих мікроклонів (введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження, приготування поживного середовища), вартість препаратів, що використовували у роботі, енергоресурси та трудові витрати.

Підходи до визначення витрат, собівартості, прибутку та рівня рентабельності відповідають загальноприйнятим методам економічної оцінки, що застосовуються в аграрному секторі [51, 3, 15, 65].

7. Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel та Statistica 6.

### 2.3. Характеристика матеріалів використаних у роботі

*Радіфарм* – це біостимулювальний рослинний комплекс, розроблений для активного розвитку кореневої системи. Він містить екстракти рослинного походження, зокрема полісахариди, стероїди, глюкозиди, амінокислоти, бетаїни, вітаміни та мікроелементи у хелатній формі. Кількісний склад препарату: загальна кількість органічних речовин – 30,0 %; полісахариди – 7,0 %; стероїди глюкозиди – 0,2 %; протеїнові поліпептиди – 11,0 %; вільні амінокислоти – 1,0 %; вітамінний комплекс (В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, D, Н, РР) – 0,04 %; азот (N) всього – 3,0 % (органічний – 1,0 %, амідний – 2,0 %); оксид калію (K<sub>2</sub>O) – 8,0 %; органічний вуглець (C) – 10,0 %; хелат цинку (Zn) EDTA – 0,20 % [17, 210].

*Clonex gel* – це препарат для стимуляції утворення та росту коренів у

живців, зокрема важкоукорінюваних культур. Він містить ІМК (0,3 %), 2-гідроксиетилцелюлозу (1,2 %), кристалічний фіолетовий барвник (0,0012 %) [104].

*Агроперліт* – це мінерал вулканічного походження, зовні дуже схожий на пісок, який має такі технічними характеристиками: щільність 80–100 кг/м<sup>3</sup>, загальна шпаруватість 95,0–97,0 %, водоутримувальна здатність – 51,0 %, водопоглинання – 500,0–700,0 %, хімічна стійкість 97,0–99,0 %. До складу агроперліту входять: SiO<sub>2</sub> – 75,6 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 12,9 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,4 %, CaO – 1,04 %, MgO – 0,7 %, K<sub>2</sub>O – 4,2 %, Na<sub>2</sub>O – 3,4 %, рН – 4,9. Рекомендований для вирощування рослин, вкорінення саджанців. Оскільки поліпшує доступ повітря та поживних речовин до коренів рослин, вбирає і поступово віддає вологу, сприяє зниженню кислотності, засолення ґрунту, підвищує опірність мікробному гниттю [17, 1].

*Вермикуліт* – екологічно чистий мінерал із групи гідрослюд. Після обробки при температурі 800–1000 °С він перетворюється на сипучий лускатий матеріал, у якого між лусочками є повітря, це дає змогу підвищувати аераційні властивості субстратів і позитивно впливає на розвиток кореневої системи рослин. Характеризується високим коефіцієнтом водопоглинання, водовіддачі та наступною технічною характеристикою: питома вага – 65,0–130,0 кг/м<sup>3</sup> (залежно від розміру гранул); ємність водопоглинання ~ 400,0–530,0 %; рН 6,8–7,0 (нейтральний – слаболужний); вміст магнію – 10,0–14,0 %, калію – 3,0–5,0 %, кальцію – 1,2–2,0 %, марганцю – 0,8–1,0 %, заліза – 5,6–6,5 %, кремнію – 34,0–36,0 %; інертний, хімічно і біологічно стійкий, стерильний [17, 5].

#### **2.4. Умови проведення дослідження**

Роботи, пов'язані з розмноженням винограду *in vitro*, здійснювали в асептичних умовах ламінарних та культуральних боксів. Фізичні параметри культивування: температура 24–25 °С, 16-годинний фотоперіод, освітлення

2500–3000 лк, вологість повітря 60–70 % [17].

Вихідний матеріал (здерев'яніла лоза) для введення в культуру *in vitro* відбирали з кущів винограду, які культивують у відкритому та закритому ґрунті на селекційних ділянках ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова». Наприкінці січня, на початку лютого, здерев'янілу лозу розрізали на дво-, тривічкові чубуки і розміщували на пророщування.

Для введення у культуру *in vitro* використовували молоді зелені пагони, з яких видаляли листкові пластинки, вічка очищали від покривних лусочок і стерилізували. Процес стерилізації передбачав такі етапи: промивання у водопровідній воді протягом 30–40 хв, послідовне промивання у розчинах господарського мила (30 хв), хінозолу (2 г/л, 20 хв), «Білизни» (співвідношення «Білизна» : вода – 1:5, 7–8 хв), 96 % етилового спирту (10 сек), триразове промивання у стерильній дистильованій воді (10 хв).

Мікрочубукування проводили в асептичній кімнаті, у ламінарному боксі у стерильних умовах стерильними інструментами, де перед початком роботи ультрафіолетові лампи вмикали на 30 хв для забезпечення стерильності робочого місця.

Адаптацію мікроклонів винограду проводили відповідно до технологічних прийомів, наведених у розділі 7.

## **Висновки до розділу 2**

1. Дослідження проводили у 2019–2022 рр. на базі відділу розсадництва, розмноження та біотехнології винограду ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова» НААН України. Як об'єкти вивчення застосовували одно- і двовічкові чубуки та мікроклони винограду підщепних («Добриня», «Гарант») та технічних («Ярило», «Загрей») сортів винограду.

Схема експериментальних робіт охоплювала два досліди. У досліді 1 ініціальні експланти висаджували на агаризовані поживні середовища, у досліді 2 – на поживні мінеральні субстрати.

Дослід 1 включав 12 варіантів, у яких поживні середовища містили різну кількість фітогормонів ІОК і 6-БАП (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП; 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП), стимулятори коренеутворення (Радіфарм, Clonex gel) та структуроутворювальні компоненти (агроперліт, вермикуліт або їх суміш (1:1:1)).

Дослід 2 включав 5 варіантів: два контрольні варіанти на середовищі MS з різним вмістом фітогормонів (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП; 0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП) та три варіанти із використанням як поживного середовища агроперліту, вермикуліту і їх суміші.

2. Для проведення дослідження використовували біологічно активні препарати та мінеральні компоненти, які по-різному впливали на ріст і фізіологічний стан мікроклонів винограду. Радіфарм і Clonex gel застосовували у комплексі для стимулювання формування та розвитку кореневої системи, з огляду на вміст біологічно активних речовин і фітогормонів. Агроперліт і вермикуліт використовували як мінеральні структуровані субстрати: агроперліт характеризувався високою шпаруватістю, водоутримувальною здатністю та хімічною інертністю, вермикуліт – значним водопоглинанням, нейтральною реакцією середовища, наявністю основних мінеральних елементів і здатністю поліпшувати аерацію субстрату. Застосування зазначених компонентів забезпечило формування різних умов вирощування, що дало змогу об'єктивно оцінити та порівняти ефективність поживних середовищ у процесі мікророзмноження винограду.

3. Дослідження з мікророзмноження винограду *in vitro* проводили в асептичних умовах культуральних боксів із дотриманням оптимальних фізичних параметрів культивування: температура повітря 24–25 °С, 16-годинний фотоперіод, освітленість 2500–3000 лк та відносна вологість повітря 60–70 %. Поживні середовища на основі MS стерилізували автоклавуванням за температури 120 °С і тиску 1 атм протягом 15 хв, мінеральні субстрати – за температури 120 °С і тиску 1 атм протягом 45 хв.

Переадаптацію та адаптацію мікроклонів здійснювали поетапно шляхом поступового відкривання культуральних ємностей і перенесення рослин до адаптаційної кімнати, а оцінювання адаптаційних показників проводили на 30-, 60- та 90-ту добу.

### РОЗДІЛ 3

## РЕГЕНЕРАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ ІНІЦІАЛЬНИХ ЕКСПЛАНТІВ ВИНОГРАДУ *IN VITRO*

### 3.1. Приживлюваність

Приживлюваність – здатність рослин чи їх органів пристосовуватися та приживатися у нових умовах. Приживлюваність ініціальних експлантів винограду та подальший ріст і розвиток рослин в умовах *in vitro* залежать від складу поживного середовища, субстрату та фізичних параметрів культивування.

*Поживні середовища.* Під час визначення показників приживлюваності ініціальних експлантів винограду на поживних середовищах *in vitro* ми враховували експланти, які характеризувалися зеленою листковою пластинкою і тканинами чубуків, наявністю живої пазушної бруньки або її проліферацією, ризогенезом.

Протягом перших 30 днів культивування вибраковували експланти із проявами зовнішньої і частково внутрішньої інфекції. Отримані результати показали, що відсоток вибракованих об'єктів складав для підщепних сортів – 9,7 %, для технічних – 11,2 %. Найбільшою була кількість відбракованих експлантів у варіантах із вмістом фітогормонів 0,5 мг/л 6-БАП; 0,6 мг/л ІОК: у другому (MS), четвертому (MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП + Радіфарм 2,5 мл/л), восьмому (MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП + агроперліт) та дванадцятому варіантах (MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП + агроперліт + вермикуліт) і становила для сортів «Добриня» – 11,7–14,4 %, «Гарант» – 13,3–15,6 %, «Ярило» – 13,4–17,1 %, «Загрей» – 15,5–18,6 %. Кількість відбракованих експлантів у варіантах з меншим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП; 0,3 мг/л ІОК) дорівнювала 4,0–9,6 % і 1,0–10,7 % для сортів «Добриня» і «Гарант» та 5,3–10,2 % і 6,8–11,7 % для сортів «Ярило» і «Загрей».

Результати дослідів з визначення приживлюваності ініціальних експлантів винограду показали, що вона залежала від типу поживного середовища та сорту. Показники приживлюваності для ініціальних експлантів винограду у контрольних варіантах дорівнювали: «Добриня» – 92,3 і 85,6 %, «Гарант» – 93,3 і 84,4 %, «Ярило» – 92,5 і 85,8 %, «Загрей» – 91,4 і 83,3 %. Порівняно з ними найбільше ініціальних експлантів винограду сорту «Добриня» приживалось у п'ятому (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + Слонех gel), сьомому (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + агроперліт), дев'ятому (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + вермикуліт) варіантах. Кількість таких експлантів дорівнювала 94,1 %, 96,0 % і 93,3 % відповідно до варіантів. Для сорту «Гарант» ці показники дорівнювали 99,0 %, 93,5 % (рис. 3.1).

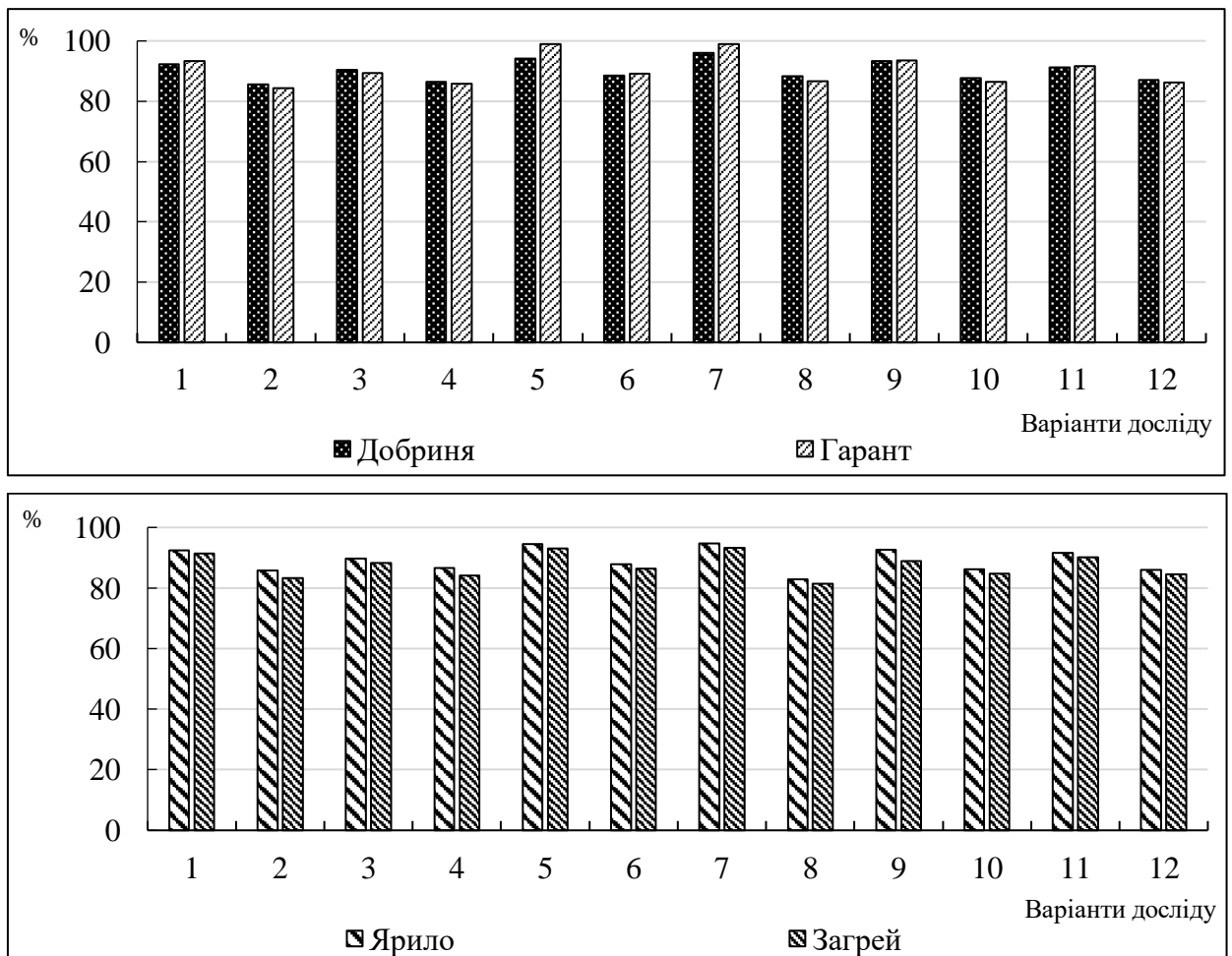


Рис. 3.1. Приживлюваність ініціальних експлантів винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)

Аналогічну закономірність за показником приживлюваності ініціальних експлантів слід відзначити і для технічних сортів винограду: для сорту «Ярило» цей показник дорівнював 94,5 % (п'ятий варіант), 94,7 % (сьомий варіант) і 92,7 % (дев'ятий варіант), для сорту «Загрей» – 93,0 %, 93,2 %, 88,8 % відповідно. У всіх інших дослідних варіантах показники приживлюваності ініціальних експлантів винограду були на рівні середніх контрольних значень.

Слід зазначити, що у варіантах, де поживне середовище містило більшу кількість фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП; 0,6 мг/л ІОК) приживлюваність ініціальних експлантів загалом була меншою. Це другий (контроль), четвертий, шостий, восьмий, десятий і дванадцятий варіанти. Для підщепних сортів винограду показник приживлюваності у середньому дорівнював 86,4–87,6 %, для технічних сортів – 84,2–85,9 %, при 84,5 % (технічні сорти) та 85,0 % (підщепні сорти) у контролі 2.

*Поживні субстрати.* Згідно з результатами дослідження, на поживних мінеральних субстратах частка відбракованих ініціальних експлантів винограду становила 35,6 % для підщепних сортів та 38,1 % для технічних сортів. Найбільшою була кількість відбракованих експлантів у третьому (агроперліт) і четвертому (вермикуліт) варіантах – це 29,7–34,3 % і 43,7–50,3 % (підщепні сорти), 37,0–40,0 % і 44,0–46,0 % (технічні сорти). У п'ятому варіанті (агроперліт + вермикуліт) відбракованих ініціальних експлантів було менше у середньому на 5,9 і 16,7 % порівняно з вищевказаними дослідними варіантами та більше в середньому на 17,9 % порівняно з контролями.

Приживлюваність ініціальних експлантів винограду в дослідних варіантах була нижчою порівняно з контролями на 24,2 % (підщепні сорти) і 34,3 % (технічні сорти). У контрольних варіантах приживлюваність дорівнювала в середньому 88,9 % («Добриня») і 88,8 % («Гарант»), 89,1 % («Ярило») і 87,3 % («Загрей») (рис. 3.2).

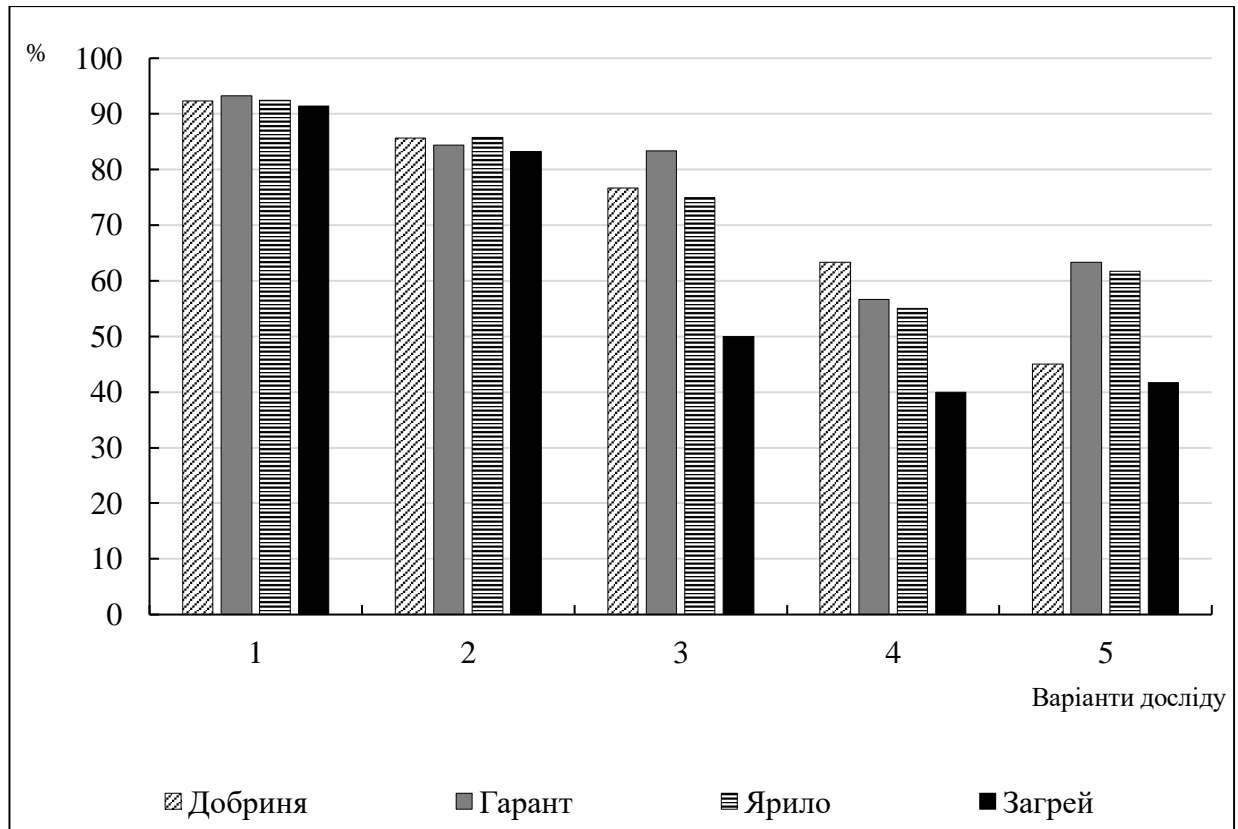


Рис. 3.2. Приживлюваність ініціальних експлантів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)

При порівнянні дослідних варіантів найкращі результати щодо приживлюваності було отримано на поживному субстраті – агроперліт (третій варіант): 76,7 % («Добриня»), 83,3 % («Гарант»), 75,0 % («Ярило»), 50,0 % («Загрей»). Проте порівняно з контролями вона зменшувалась на 8,9 % (підщепні сорти), 25,7 % (технічні сорти) (рис. 3.3).

Після висаджування ініціальних експлантів винограду підщепних і технічних сортів на поживний субстрат вермикуліт (четвертий варіант) показник приживлюваності знижувався відносно варіанту з агроперлітом на 13,3 і 26,7 % («Добриня» і «Гарант» відповідно) та на 20,0 і 10,0 % («Ярило» і «Загрей» відповідно); відносно контролю – на 25,6 і 32,2 % («Добриня» і «Гарант» відповідно) та на 34,1 і 47,3 % («Ярило» і «Загрей» відповідно) (рис. 3.4).



Контроль



Агроперліт

Рис. 3.3. Розвиток ініціальних експлантів винограду на поживному субстраті агроперліт



Контроль



Вермикулит

Рис. 3.4. Розвиток ініціальних експлантів винограду на поживному субстраті вермикуліт

Після висаджування ініціальних експлантів винограду підщепних і технічних сортів на суміш мінеральних субстратів агроперліт + вермикуліт (п'ятий варіант) показник приживлюваності знижувався відносно кращого варіанту з агроперлітом на 31,7 і 20,0 % («Добриня», «Гарант») та на 13,3 і 8,3 % («Ярило», «Загрей»); відносно контролю – на 43,9 і 25,5 % («Добриня», «Гарант») та на 27,5 і 45,7 % («Ярило», «Загрей») (рис. 3.5).



Контроль



Агроперліт + вермикуліт

Рис. 3.5. Розвиток ініціальних експлантів винограду на поживному субстраті агроперліт + вермикуліт (1:1)

### 3.2. Проліферація пазушних бруньок

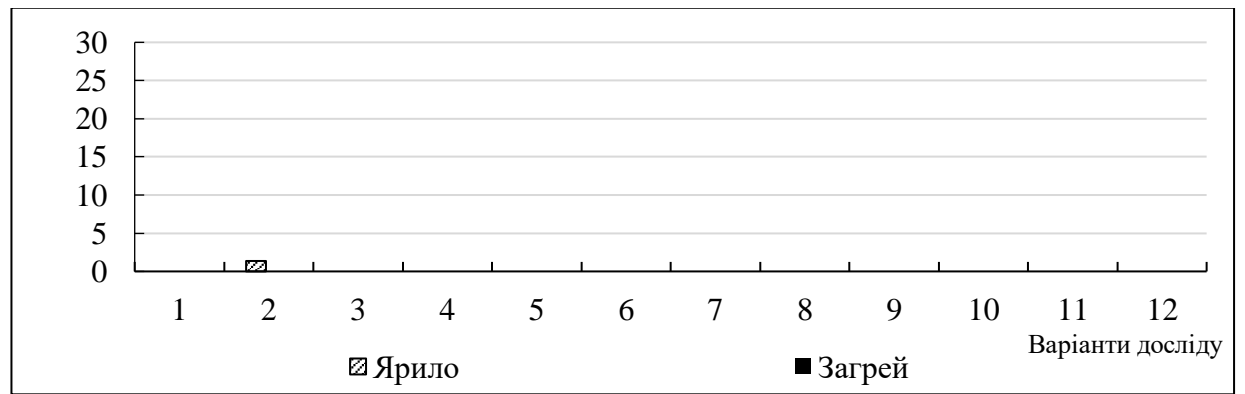
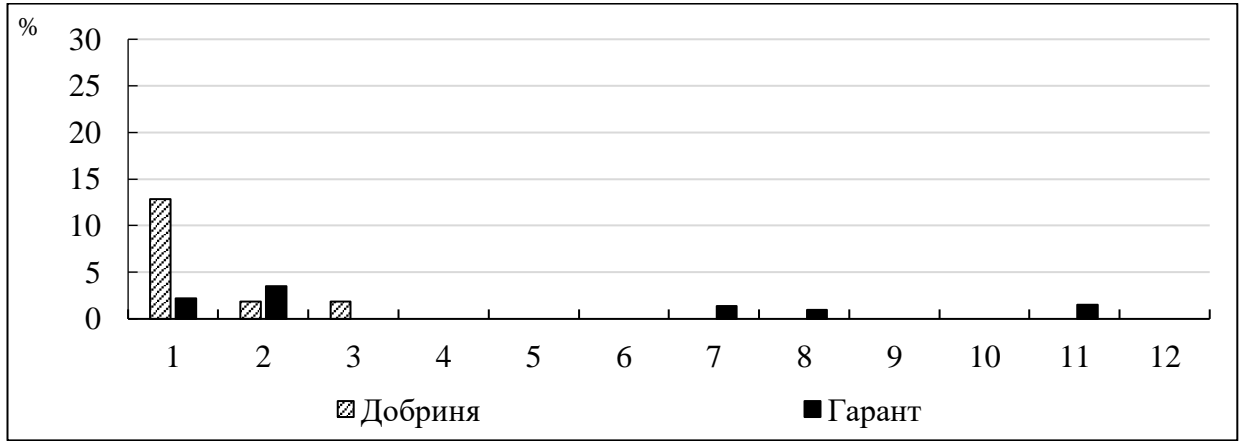
*Поживні середовища.* Одним із основних показників розвитку ініціальних експлантів винограду на поживному середовищі є проліферація пазушних бруньок. Прискорення цього процесу призводить до швидшого формування та кращого розвитку рослин.

На основі багаторічних спостережень нами було встановлено, що розвиток пазушних бруньок залежав від типу поживних середовищ, на які були висаджені ініціальні експланти винограду та сорту. Показано, що розвиток пазушних бруньок ініціальних експлантів винограду всіх досліджуваних сортів активніше розпочинався у контрольних варіантах. Так, на 10-ту добу дослідження у сорту «Добриня» 12,8 % (контроль 1) та 1,9 % (контроль 2) ініціальних експлантів характеризувалися початком проліферації пазушних бруньок, у сорту «Гарант» – відповідно 2,2 % (контроль 1) та 3,5 % (контроль 2), у сорту «Ярило» – 1,3 %, у сорту «Загрей» у цей період проліферації пазушних бруньок не спостерігали (рис. 3.6).

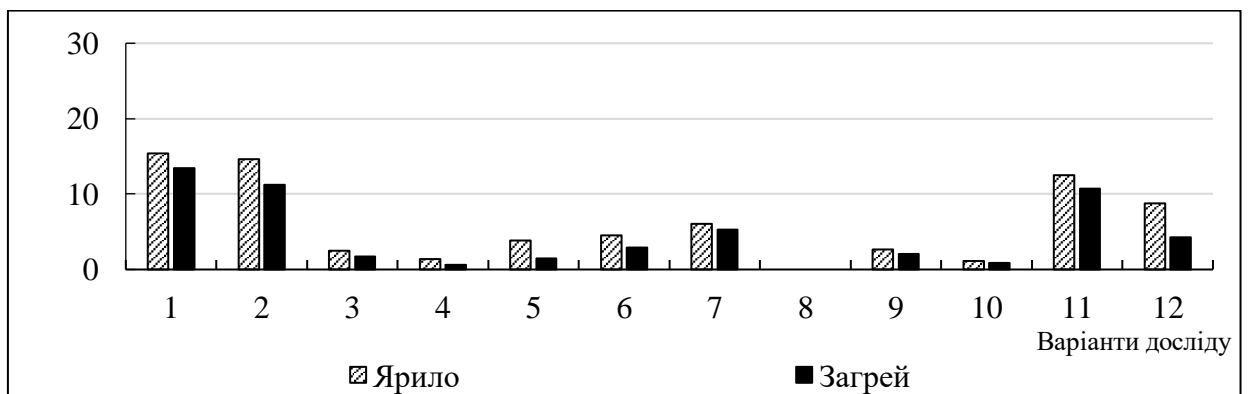
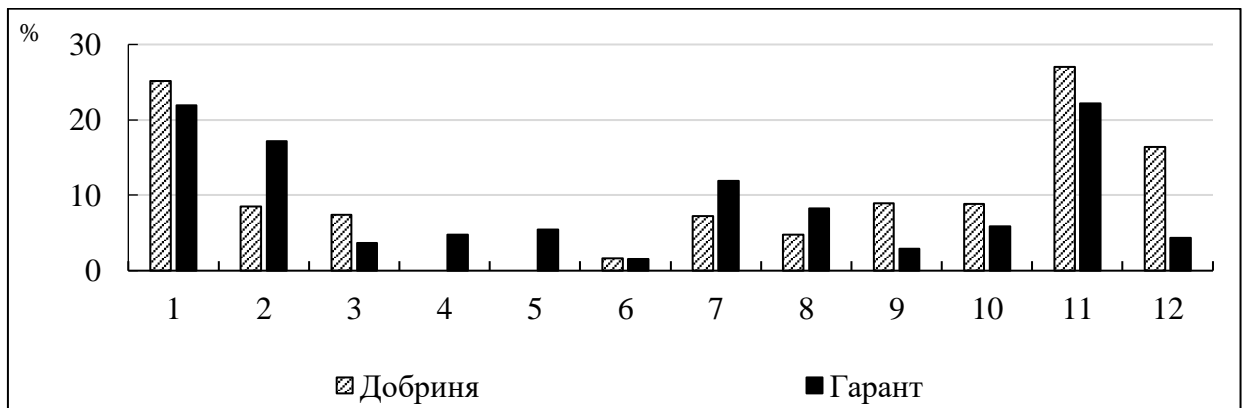
Серед дослідних варіантів на 10-ту добу дослідження початок проліферації пазушних бруньок ініціальних експлантів винограду відзначали тільки у третьому (1,9 %) для сорту «Добриня» та у сьомому (1,4 %), восьмому (1,0 %), одинадцятому (1,5 %) варіантах для сорту «Гарант».

На 15-ту добу дослідження було відзначено початок проліферації пазушних бруньок ініціальних експлантів практично у всіх сортів та за всіма варіантами досліді. Найбільша кількість експлантів із розвиненою пазушною брунькою була у варіантах, де до поживного середовища MS додавали агроперліт і вермикуліт (одинадцятий та дванадцятий варіанти) та контролях.

Повний облік проліферації пазушних бруньок ініціальних експлантів винограду проводили на 30-ту добу дослідження. Отримані результати показали, що найбільше одновічкових чубуків із проліферацією пазушної бруньки було у контролях, сьомому і восьмому варіантах.



10 доба



15 доба

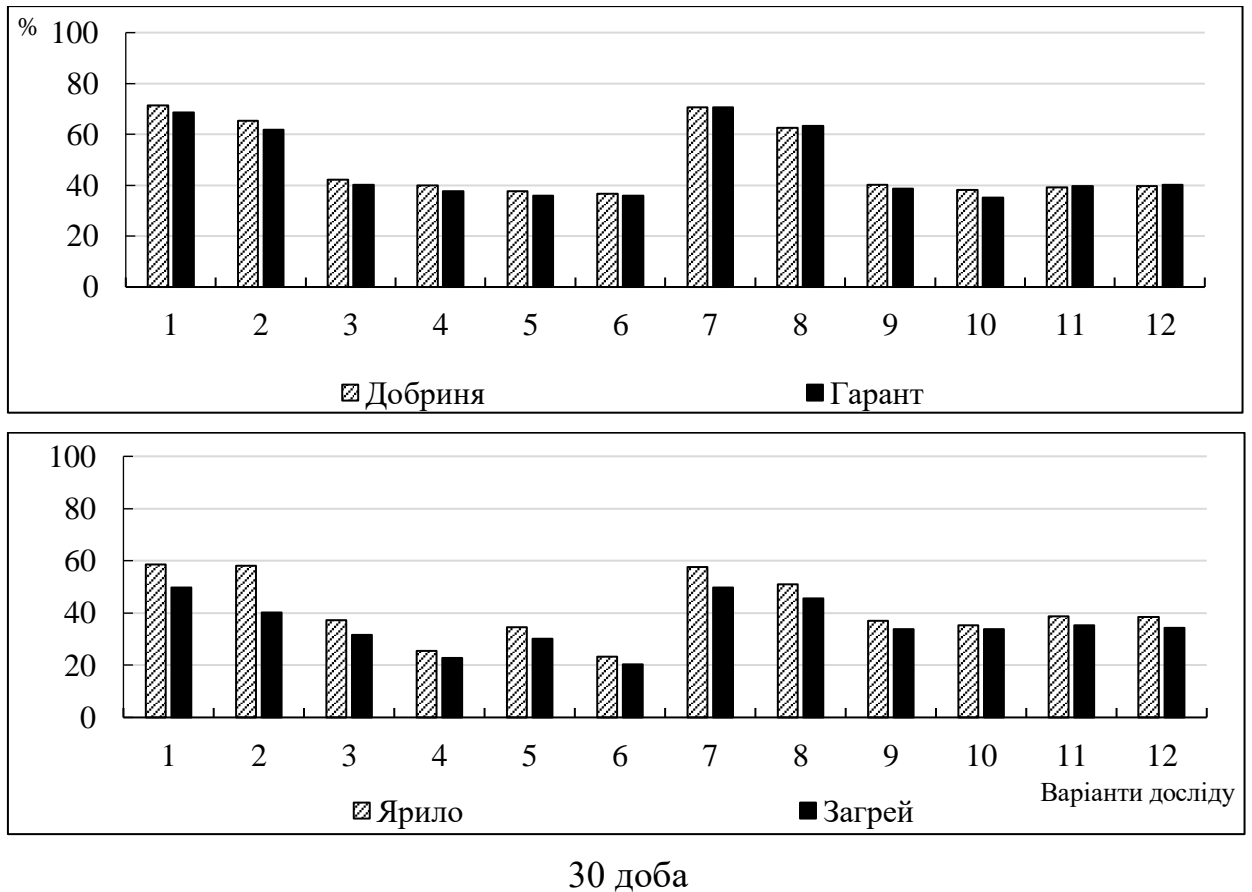


Рис. 3.6. Проліферація пазушних бруньок ініціальних експлантів винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)

Так, у сортів «Добриня» і «Гарант» у контрольних варіантах у середньому 68,3 % і 65,2 % ініціальних експлантів характеризувалися розвиненою пазушною брунькою, у сортів «Ярило» і «Загрей» – 58,4 % і 45,0 %. У дослідних варіантах, де до поживного середовища додавали агроперліт – кількість таких ініціальних експлантів дорівнювала 66,6 % та 67,0 % у сортів «Добриня» і «Гарант» та 54,3 % та 47,7 % – у сортів «Ярило» і «Загрей». У всіх інших дослідних варіантах кількість ініціальних експлантів із розвиненою пазушною брунькою була меншою і становила 30,0–40,0 %. Проте слід зазначити, що у подальшому кількість ініціальних експлантів із розвиненою пазушною брунькою у дослідних варіантах збільшувалась до рівня контрольних, але такі показники відзначали ближче до 40 доби.

Порівняння кількості розвинених бруньок у ініціальних експлантів винограду за різним фітогормональним складом середовищ показало, що на

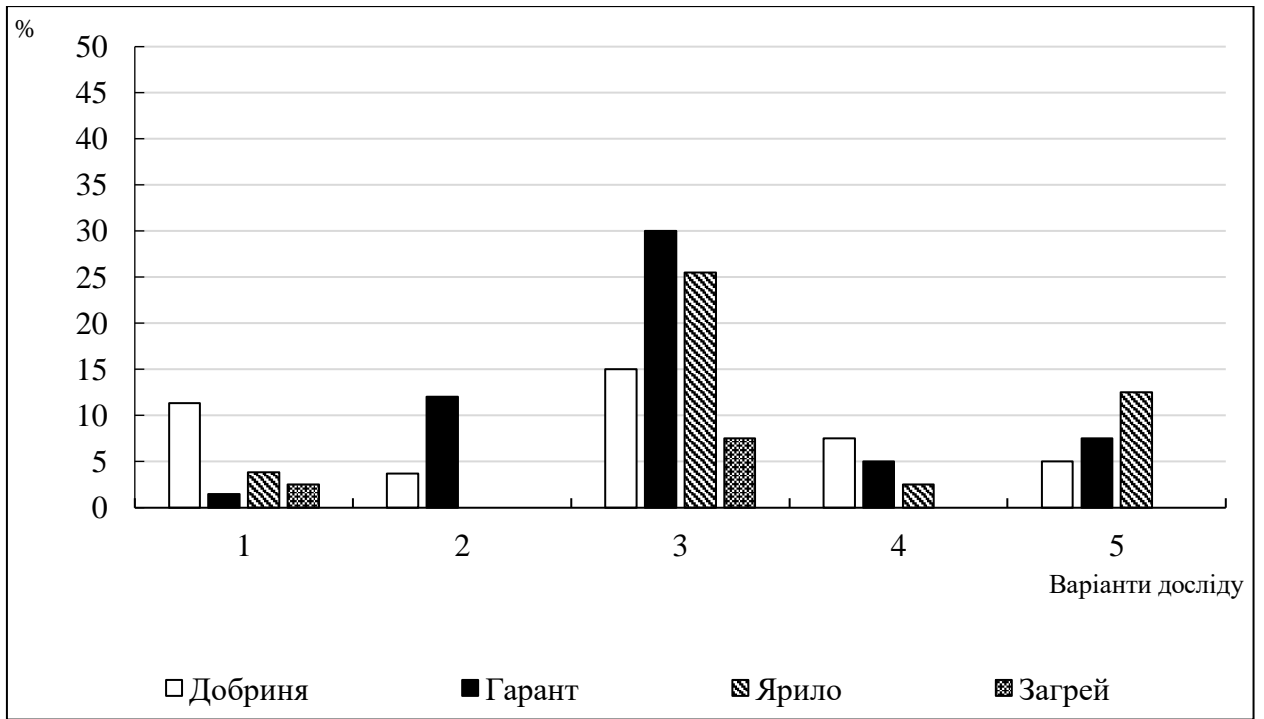
поживних середовищах із нижчим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП; 0,3 мг/л ІОК) спостерігали вищий відсоток розвинених бруньок порівняно з експлантами, які культивували на середовищах із підвищеним вмістом фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП; 0,6 мг/л ІОК).

*Поживні субстрати.* На мінеральних поживних субстратах процес проліферації пазушних бруньок та формування пагонів у всіх сортів винограду розпочинався на 10-ту добу культивування. У контрольних варіантах (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП; MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП) кількість розвинених бруньок ініціальних експлантів становила 7,5 % – для сорту «Добриня», 6,8 % – для сорту «Гарант», 1,9 % – для сорту «Ярило», 1,3 % – для сорту «Загрей» (рис. 3.7).

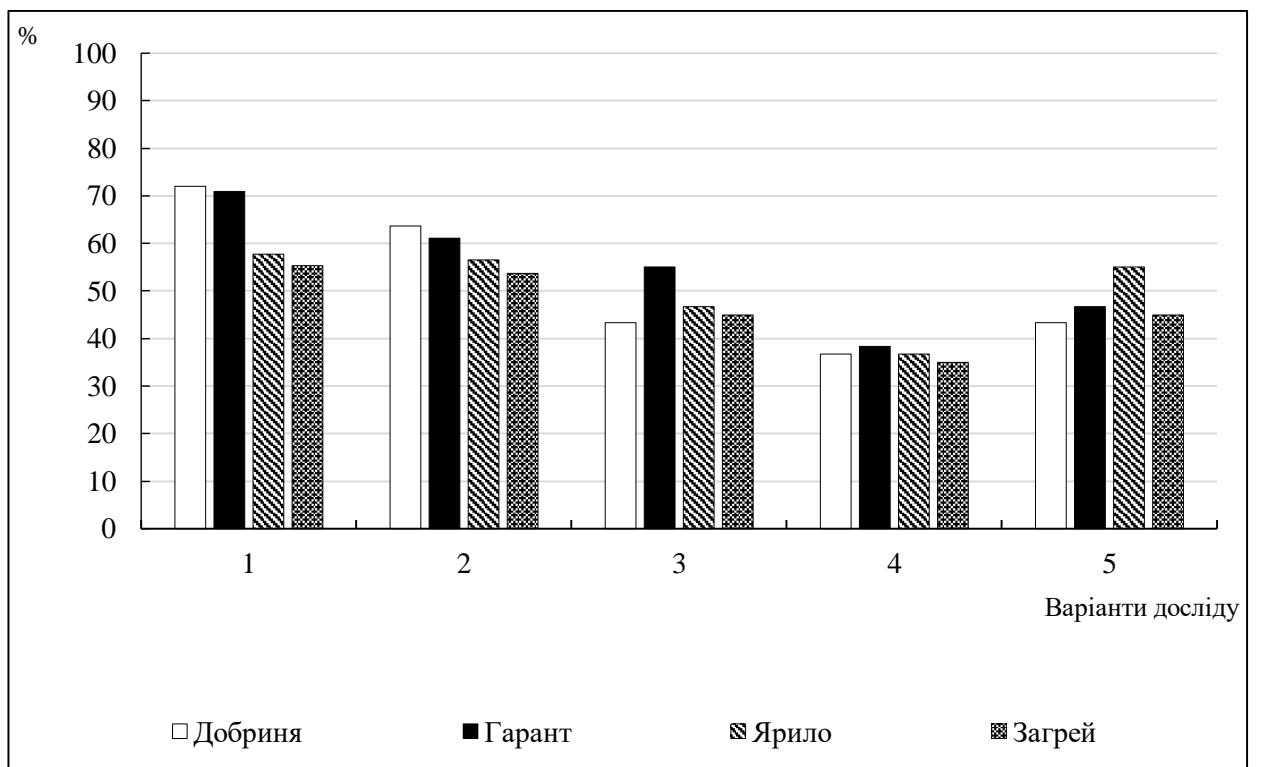
У дослідних варіантах на 10-ту добу дослідження найкращий показник проліферації пазушних бруньок був у варіанті з агроперлітом. У зазначений строк кількість ініціальних експлантів винограду з добре вираженою проліферацією пазушної бруньки перевищувала контрольні значення на 7,5 % («Добриня»), 22,5 % («Гарант»), 25,0 % («Ярило»), у сорту «Загрей» цей показник був на рівні контролю. Культивування ініціальних експлантів винограду на поживних мінеральних субстратах – вермикуліті, суміші агроперліту і вермикуліту не дало відмінних від контролю результатів, за винятком сорту «Ярило» (рис. 3.8).

На 30-ту добу дослідження найбільша кількість ініціальних експлантів із проліферацією пазушної бруньки була відзначена у контрольних варіантах: 55,3–72,0 % (перший варіант) і 53,7–63,7 % (другий варіант).

У варіантах з агроперлітом кількість таких експлантів була меншою за контрольні значення на 24,5 % («Добриня»), 12,8 % («Гарант»), 21,2 % («Ярило»), 22,8 % («Загрей»); у варіантах з вермикулітом – відповідно менші на 31,2 % («Добриня», «Ярило»), 29,5 % («Гарант»), 32,8 % («Загрей»); варіантах з сумішшю агроперліт + вермикуліт – менші на 24,5 %, 21,2 %, 12,8 %, 22,8 %.



10 доба



30 доба

Рис. 3.7. Проліферація пазушних бруньок ініціальних експлантів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)



Контроль



Агроперліт



Вермикуліт



Агроперліт + вермикуліт

Рис. 3.8. Ініціальні експланти винограду на 10-ту добу культивування в умовах *in vitro*

### 3.3. Ризогенез

*Поживні середовища.* Для адаптації мікроклональних рослин до умов *in vivo* важливого значення набуває структура кореневої системи, оскільки саме вона відповідає за споживання води та поживних речовин. Тому чим краще розвинена, розгалужена коренева система мікроклонів винограду, тим краще це для адаптації рослин.

На утворення коренів та подальший розвиток кореневої системи впливає багато факторів. У літературі вказують, що зменшення кількості макросолей у поживному середовищі та зміна у ньому співвідношень фітогормонів під час укорінення рослин *in vitro* сприяє активному ризогенезу одновічкових експлантів багатьох рослин [205].

Результати нашого дослідження показують, що ініціальні експланти винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» і «Загрей», які культивували на різних типах поживних середовищ, відрізнялися за інтенсивністю процесу ризогенезу. Було відзначено, що за вмісту у поживному середовищі 0,5 мг/л 6-БАП; 0,6 мг/л ІОК, на базальній частині ініціальних експлантів утворювались об'ємні калусні маси, особливо це було характерно для варіантів, де застосовували препарати, які стимулюють утворення коренів – Радіфарм та Clonex gel (рис. 3.9).

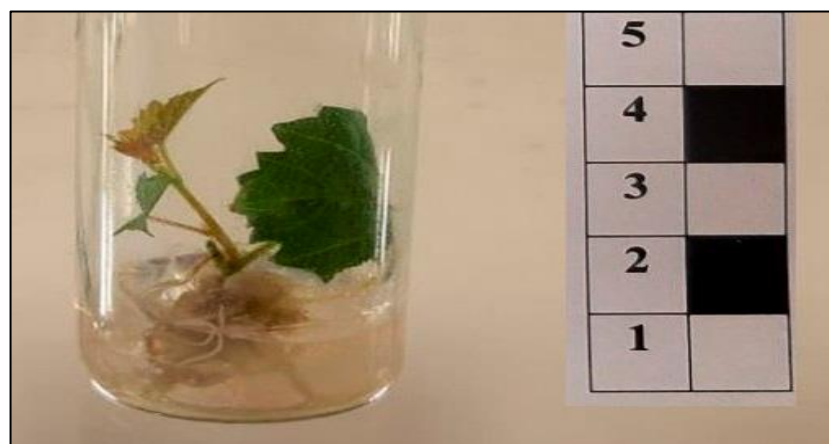


Рис. 3.9. Утворення калусних мас на базальній частині ініціальних експлантів винограду сорту «Добриня»

Процес ризогенезу ініціальних експлантів винограду розпочинався на 7-му добу дослідження у варіантах з Clonex gel та з додаванням до поживного середовища мінеральних субстратів – агроперліт і вермикуліт. Так, у сорту «Добриня» у цей термін ризогенез розпочинався в ініціальних експлантів п'ятого (2,6 %), одинадцятого (1,5 %) та дванадцятого (5,6 %) варіантів, у сорту «Гарант» – у ініціальних експлантів другого (5,3 %), одинадцятого (3,0 %) та дванадцятого (13,0 %) варіантів, у сорту «Ярило» – у ініціальних експлантів п'ятого (9,8 %) та шостого (9,5 %) варіантів, у сорту «Загрей» – п'ятого (5,4 %) і шостого (6,2 %) варіантів (рис. 3.10).

На 10-ту добу дослідження ризогенез розпочинався у більшості ініціальних експлантів усіх дослідних варіантів та контрольних, кількість яких збільшувалась на 6,0–16,0 % порівняно з кількістю, встановленою на 7-му добу дослідження.

На 15-ту добу дослідження найбільша кількість ініціальних експлантів винограду, у яких інтенсивно утворювалися корені, була після культивування на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів загалом (0,2 мг/л 6-БАП; 0,3 мг/л ІОК) та з додаванням препаратів Clonex gel, Радіфарм, а також агроперліту.

У підщепних сортів цих варіантів (третій, п'ятий, сьомий, одинадцятий) кількість ініціальних експлантів із кореневими зачатками збільшувалась відносно контролю у середньому на 10,2–30,1 %, у технічних сортів – відповідно на 14,5–34,4 % (рис. 3.11).

Повний облік ризогенезу ініціальних експлантів винограду проводили на 30-ту добу дослідження. Згідно з даними, найкращі результати щодо інтенсивності ризогенезу були відзначені у всіх сортів на поживних середовищах з Clonex gel (п'ятий варіант), агроперлітом (сьомий варіант), сумішшю агроперліту і вермикуліту (одинадцятий варіант) та з препаратом Радіфарм (третій варіант). Після культивування ініціальних експлантів підщепних сортів винограду на вказаних поживних середовищах утворення корневих зачатків або коренів спостерігалось у п'ятого варіанту – 79,2 %, сьомого – 72,5 %, одинадцятого – 60,5 % та третього – 58,3 %.

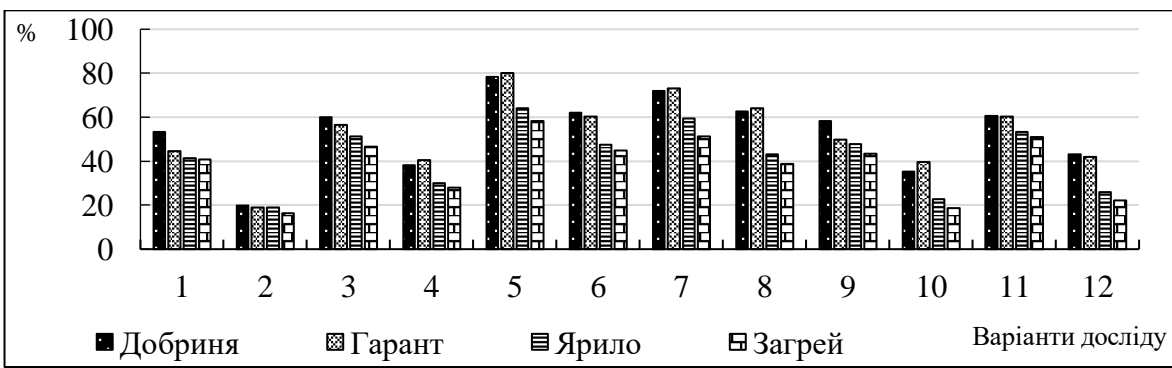
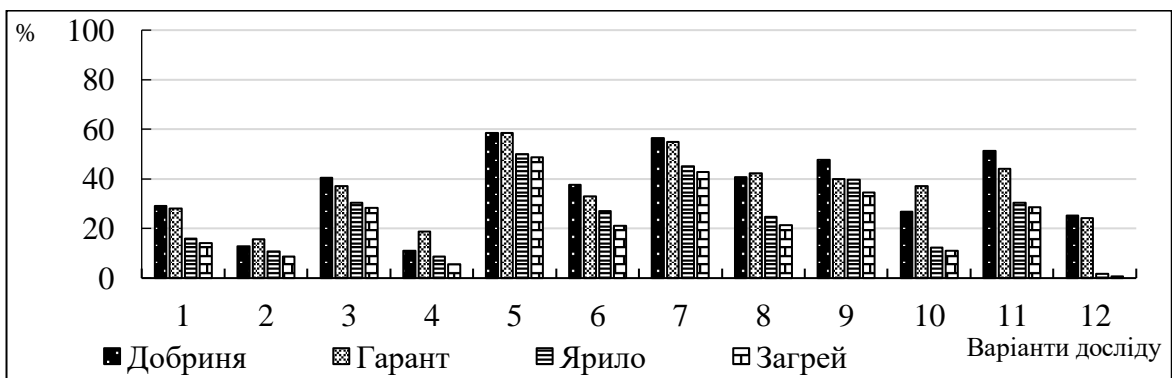
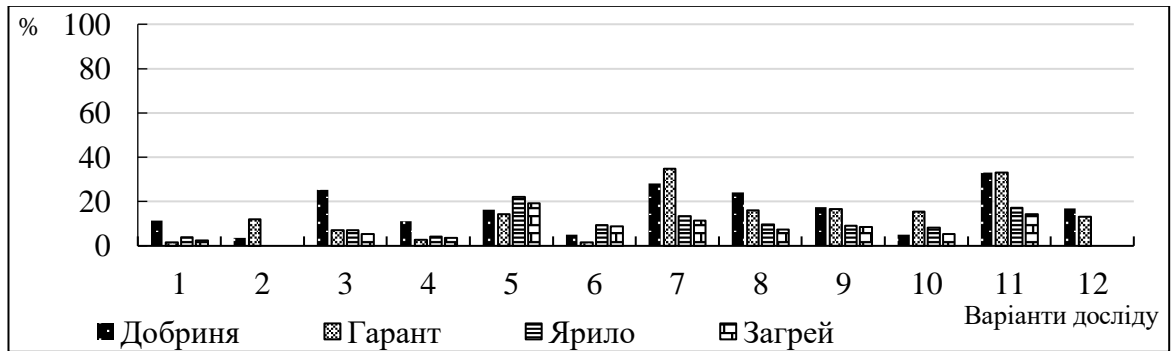
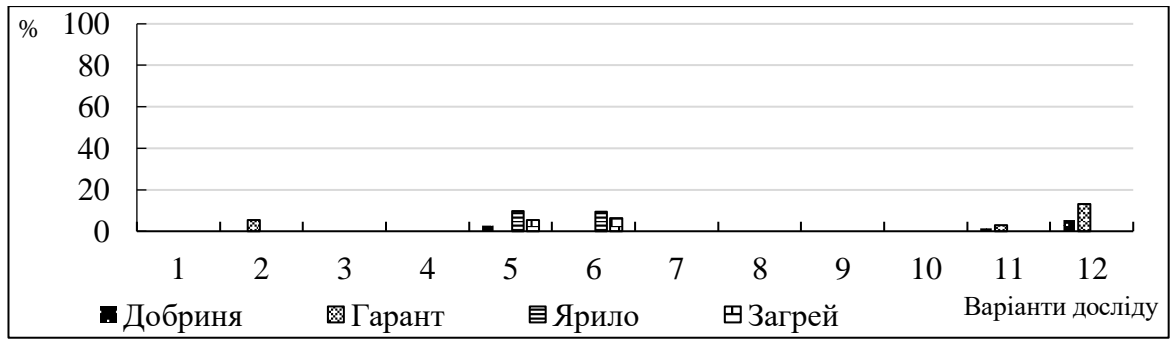


Рис. 3.10. Ризогенез ініціальних експлантів винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)



Контроль



MS + агроперліт + вермикуліт

Рис. 3.11. Розвиток коренів ініціальних експлантів винограду на поживному середовищі MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + агроперліт + вермикуліт (15 доба)

У технічних сортів винограду ці показники становили: 61,2 % для п'ятого варіанту, 55,4 % – сьомого, 52,2 % – одинадцятого та 48,9 % – третього. У першому контрольному варіанті кількість ініціальних експлантів, що характеризувалась наявністю коренів, дорівнювала 48,9 % (підщепні сорти) та 41,0 % (технічні сорти). Але слід відзначити, що в ініціальних експлантів винограду контрольних варіантів утворювалося по 2–3 корені, які у подальшому набували більшої довжини, проте не були розгалуженими; у ініціальних експлантів винограду дослідних варіантів, навпаки, коренів утворювалося більше (5–8 шт.), вони мали велику кількість

коренів другого і навіть третього порядків, відповідно їх довжина була меншою. Цей факт є надзвичайно важливим для переведення мікроклонів винограду з умов *in vitro* в умови *in vivo*.

На 30-ту добу культивування порівняння кількості ініціальних експлантів із кореневими зачатками залежно від фітогормонального складу поживного середовища показало, що експланти винограду, культивовані на середовищах із нижчим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП; 0,3 мг/л ІОК), мали вищий відсоток ризогенезу порівняно з тими, що культивували на поживних середовищах із підвищеним вмістом фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП; 0,6 мг/л ІОК).

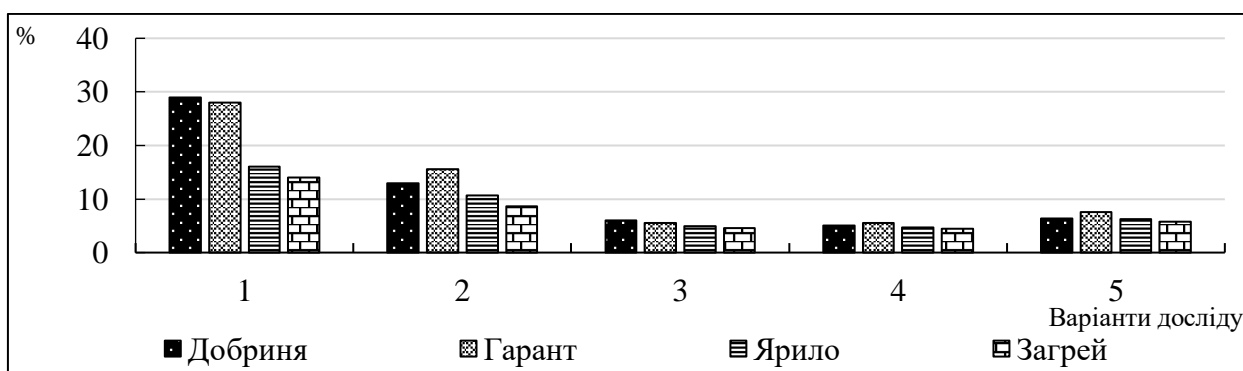
*Поживні субстрати.* Порівняно з поживними середовищами процес ризогенезу на поживних субстратах розпочинався пізніше. Це можна пояснити тим, що у поживних середовищах фітогормони – ІОК і 6-БАП рівномірно розчинені. Вони швидко засвоюються, стимулюють поділ клітин, відповідно швидше формуються перші кореневі зачатки. На субстратах ті самі фітогормони присутні у розчині (MS без сахарози і агару), яким проводили полив субстрату перед висаджуванням експлантів, але через пористу структуру агроперліту і вермикуліту вони розподілялися нерівномірно й частково адсорбувалися на поверхні частинок субстратів. Крім того, на субстратах відсутня сахароза, тому експланти повинні перейти на автотрофне живлення, що потребує часу. Перші прояви корневих зачатків на базальній частині ініціальних експлантів проявлялись ближче до 15 доби.

Так, на 15-ту добу ризогенез розпочинався у більшості ініціальних експлантів всіх дослідних варіантів, які культивувались на поживних субстратах. У контролів (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП; MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП) ініціація корневих зачатків починалась раніше (7–10 доба). Таким чином, ініціальних експлантів із кореневими зачатками на 15-ту добу у третьому–п'ятому варіантах було менше, ніж у першому і другому варіантах. Цей показник зменшувався на 14,6–15,9 % («Добриня»), 14,2–16,3 % («Гарант»), 7,1–8,6 % («Ярило»), 5,5–6,8 % («Загрей») відносно контролів.

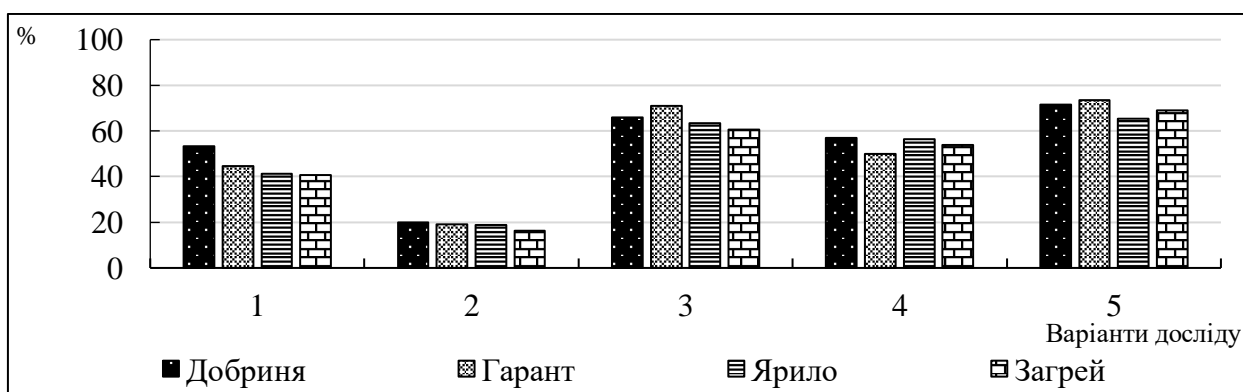
Кількість ініціальних експлантів із кореневими зачатками дослідних

варіантів (третій–п’ятий) на 30-ту добу істотно збільшилася порівняно з контролями. Це можна пояснити тим, що в умовах переходу експлантів на автотрофне живлення (за відсутності сахарози у поживному розчині) активізуються процеси фотосинтезу та дихання, що сприяє інтенсивнішому коренеутворенню на пізніших етапах культивування.

Кількість ініціальних експлантів із проявом ризогенезу контрольних варіантів (перший–другий) становила 19,9–53,2 % і 19,0–44,6 % для сортів «Добриня» і «Гарант» та у сортів «Ярило» і «Загрей» – 18,9–41,4 і 16,2–40,7 % (рис. 3.12).



15 доба



30 доба

Рис. 3.12. Ризогенез ініціальних експлантів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)

Кращий показник спостерігався у п’ятому варіанті – на субстраті агроперліт + вермикуліт (1:1). Частка ініціальних експлантів із корневими зачатками становила 71,5 % для сорту «Добриня», 73,5 % для сорту «Гарант», 65,5 % для

сорту «Ярило», 69,0 % для сорту «Загрей», що перевищувало контрольні значення в середньому на 35,0–41,7 % для підщепних і 35,4–40,6 % для технічних сортів.

В інших варіантах цей показник на 30-ту добу дорівнював 66,0–71,0 % (агроперліт) для підщепних і 60,5–63,5 % для технічних сортів, а також 50,0–57,0 % (вермикуліт) і 54,0–56,5 % відповідно, що також збільшувався відносно контролю в середньому на 18,2–39,2 % і 25,6–33,4 %, але зменшувались порівняно з п'ятим варіантом на 2,5–23,5 % (підщепні) і 2,0–15,0 % (технічні).

За матеріалами розділу «Регенераційна здатність ініціальних експлантів винограду *in vitro*» надруковано 6 наукових праць [28, 20, 32, 269, 27, 33].

### Висновки до розділу 3

1. Приживлюваність, проліферація пазушних бруньок та ризогенез ініціальних експлантів винограду в умовах *in vitro* залежали від складу поживного середовища (концентрації фітогормонів – 6-БАП та ІОК, додаткових компонентів – препаратів Радіфарм, Clonex gel, агроперліт, вермикуліт), мінерального субстрату та сорту винограду.

2. Найвища приживлюваність ініціальних експлантів винограду була на поживних середовищах з нижчим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП; 0,3 мг/л ІОК) у поєднанні з препаратом Clonex gel, агроперлітом, вермикулітом та їх сумішшю. Це стосується як підщепних, так і технічних сортів винограду. Такі поживні середовища сприяли покращенню адаптації експлантів винограду і забезпечували найвищі показники приживлюваності – до 96,0–99,0 % («Добриня», «Гарант») та 93,2–94,7 % («Ярило», «Загрей»), порівняно з 73,3–84,7 % у контрольних варіантах.

На поживних мінеральних субстратах найвища приживлюваність ініціальних експлантів винограду була на агроперліті – 75,0–83,3 % (залежно від сорту). Використання вермикуліту та суміші агроперліт + вермикуліт призводило до зниження цього показника до 52,7–74,5 %. Проте при

порівнянні цього показника з контрольними варіантами було встановлено, що на мінеральних субстратах показники приживлюваності були нижчими: на агроперліті – на 5,0–13,0 % менше, ніж у контролі, на вермикуліті та суміші агроперліт + вермикуліт – на 13,0–34,0 % менше.

3. На поживних середовищах із нижчим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП; 0,3 мг/л ІОК) процес проліферації пазушних бруньок відбувався інтенсивніше порівняно з середовищами, які містили більшу кількість фітогормонів. Найбільша кількість експлантів із розвиненими бруньками була у контрольних варіантах, а також у варіантах, де до поживних середовищ додавали агроперліт (сьомий, восьмий варіанти). На 30-ту добу дослідження рівень проліферації пазушних бруньок у ініціальних експлантів сортів «Добриня» і «Гарант» становив 66,6–67,0 %, що було близьким до контрольних значень (65,2–68,3 %). У сортів «Ярило» і «Загрей» цей показник був нижчим (47,7–54,3 %), проте також перевищував результати інших дослідних варіантів.

На мінеральних субстратах початок проліферації пазушних бруньок спостерігався вже на 10-ту добу культивування. Найкращі результати відзначали у варіанті з агроперлітом, де кількість ініціальних експлантів із проліферацією перевищувала контрольні значення на 7,5–25,0 % у сортів «Добриня», «Гарант» та «Ярило». Проте на 30-ту добу дослідження показники проліферації пазушних бруньок у дослідних варіантах, у т. ч. і на агроперліті, були нижчі за контроль у середньому на 12,8–31,2 %.

Встановлено, що використання поживних середовищ із меншим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП; 0,3 мг/л ІОК) у поєднанні з біологічно активними препаратами Clonex gel, Радіфарм та агроперлітом (п'ятий, сьомий, одинадцятий, дев'ятий та третій варіанти) стимулювало швидший початок ризогенезу (з 7 доби), активне утворення кореневих зачатків та формування розгалуженої кореневої системи у ініціальних експлантів винограду. На 15-ту добу дослідження кількість експлантів із кореневими зачатками у цих варіантах перевищувала контроль у підщепних сортів на

10,2–30,0 %, у технічних – на 14,5–34,3 %. На 30-ту добу дослідження відсоток експлантів із коренями становив 58,2–79,1 % у підщепних сортів і 48,9–61,2 % у технічних, що на 10,0–30,0 % більше від контролю (48,9 % та 41,0 % відповідно). При цьому у ініціальних експлантів контрольних варіантів формувалося по 2–3 довгих, але слаборозгалужених коренів, у ініціальних експлантів дослідних варіантів – по 5–8 коротших коренів, але з великою кількістю коренів другого і третього порядку. На поживних середовищах із підвищеними концентраціями 6-БАП (0,5 мг/л) та ІОК (0,6 мг/л) у базальній частині експлантів формувалися об'ємні калусні маси, що уповільнювало розвиток коренів.

На поживних мінеральних субстратах перші кореневі зачатки формувалися ближче до 15 доби, тоді як на стандартних поживних середовищах MS – на 7–10 добу. Вже на 30-ту добу дослідження кількість ініціальних експлантів із кореневими зачатками становила в середньому 50,0–73,5 % для підщепних і 54,0–69,0 % для технічних сортів, що на 18,2–41,7 % перевищували контроль (48,9 % та 41,0 % відповідно).

4. Загалом дослідження показали, що для високого рівня приживлюваності, активної проліферації пазушних бруньок та ризогенезу ініціальних експлантів винограду оптимальними є поживні середовища з меншим вмістом фітогормонів. Додавання до них агроперліту, як мінерального субстрату, сприяло більшій приживлюваності та активнішій проліферації порівняно з зермикулітом і його сумішшю, хоча ці показники залишалися дещо нижчими за контрольні значення. Біологічно активні препарати (Clonex gel, Радіфарм) сприяли більш ранньому та активному ризогенезу і формуванню розгалуженої кореневої системи з більшою кількістю коренів другого і третього порядку, що є важливим для успішної адаптації мікроклонів до умов *in vivo*. За сортовими особливостями підщепні сорти («Добриня», «Гарант») відзначалися вищими показниками приживлюваності, проліферації та ризогенезу порівняно з технічними («Ярило», «Загрей»), що свідчить про їх кращу регенераційну здатність.

## РОЗДІЛ 4

### БИОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСТУ І РОЗВИТКУ МІКРОКЛОНІВ ВИНОГРАДУ *IN VITRO*

#### 4.1. Вегетативна надземна маса

*Поживні середовища.* Розвиток вегетативної надземної маси рослин дуже тісно пов'язаний з формуванням кореневої системи. Відомо, що у рослин у стерильних умовах часто виникають структурно-функціональні порушення, що знижують їх життєздатність в умовах *in vivo*, зокрема недорозвинена кутикула, порушена регуляція відкривання та закривання продихів, низька фотосинтетична активність рослин, вітрифікація та неповна сформованість судинної системи [41]. Тому наші дослідження були спрямовані на визначення умов підвищення адаптаційного потенціалу мікроклональних рослин і збільшення їх приживлюваності в умовах *in vivo*.

Через два місяці культивування мікроклонів винограду різних сортів на модифікованих поживних середовищах було встановлено, що у всіх варіантах, де вміст фітогормонів у поживному середовищі був більшим і дорівнював 0,6 мг/л ІОК та 0,5 мг/л 6-БАП, вегетативна надземна маса мікроклональних рослин була менш розвинена. Рослини характеризувалися меншою висотою, кількістю листкових пластинок, площею листків та загальною облистяністю.

В обох контрольних варіантах рослини добре розвивалися і це зрозуміло, оскільки результати попередніх досліджень показують, що стандартні поживні середовища MS з помірними концентраціями ауксинів і цитокінінів забезпечують інтенсивний ріст і розвиток мікроклонів винограду *in vitro*, зокрема на етапі формування вегетативної надземної маси. Разом із тим, інтенсивний ріст мікроклонів на стандартних поживних середовищах не забезпечував їх успішного переходу до умов *in vivo*, що проявлялося значними втратами рослин у процесі адаптації та обмеженим відсотком

приживлення після перенесення в умови *in vivo*.

Аналіз розвитку вегетативної надземної маси мікроклонів винограду в контрольних варіантах показав, що за висотою рослин та кількістю листкових пластинок вони переважали всі дослідні варіанти. При цьому висота мікроклональних рослин сортів «Добриня» і «Гарант» у контролі 1 дорівнювала 12,1 см і 11,9 см, у контролі 2 – 11,7 см та 11,1 см; висота мікроклональних рослин сортів «Ярило» і «Загрей» – відповідно дорівнювала 10,3 см і 10,0 см, 9,7 см і 9,9 см. Мікроклони винограду сортів «Добриня» і «Гарант» мали по 6,0–7,0 шт. листкових пластинок, мікроклони сортів «Ярило» і «Загрей» – по 4,7–6,0 шт. (табл. 4.1, рис. 4.1).

Таблиця 4.1

**Біометричні показники розвитку вегетативної надземної маси  
мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ  
(середнє за 2019–2022 рр.)**

| Варіанти досліджу | Висота рослин, см | Кількість листків, шт. | Площа листка, см <sup>2</sup> | Площа листкової поверхні, см <sup>2</sup> /м | Облистяність, дм <sup>2</sup> /м |
|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|
| 1                 | 2                 | 3                      | 4                             | 5  | 6                                |
| <b>«Добриня»</b>  |                   |                        |                               |  |                                  |
| 1                 | 12,1              | 7,0                    | 2,3                           | 18,1   | 1,5                              |
| 2                 | 11,7              | 6,4                    | 2,4                           | 17,6   | 1,5                              |
| 3                 | 10,5              | 6,0                    | 3,6                           | 25,0   | 2,4                              |
| 4                 | 10,5              | 6,0                    | 3,1                           | 22,0   | 2,1                              |
| 5                 | 10,3              | 6,2                    | 3,6                           | 26,3   | 2,6                              |
| 6                 | 9,3               | 6,8                    | 3,1                           | 24,4   | 2,6                              |
| 7                 | 10,3              | 6,0                    | 3,2                           | 22,1   | 2,1                              |
| 8                 | 9,7               | 6,1                    | 3,0                           | 21,3   | 2,2                              |
| 9                 | 10,3              | 6,6                    | 3,6                           | 27,2   | 2,6                              |
| 10                | 9,0               | 6,1                    | 3,3                           | 23,3   | 2,6                              |
| 11                | 10,9              | 7,2                    | 2,8                           | 23,2   | 2,1                              |
| 12                | 11,0              | 6,8                    | 2,7                           | 20,7   | 1,9                              |
| НІР <sub>05</sub> | 0,80              | 0,21                   | 0,56                          | 1,02   | 0,46                             |
| <b>«Гарант»</b>   |                   |                        |                               |  |                                  |
| 1                 | 11,9              | 7,0                    | 2,5                           | 20,1   | 1,7                              |

Продовження табл. 4.1

| 1                 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| 2                 | 11,1 | 6,0  | 2,3  | 16,4 | 1,5  |
| 3                 | 10,0 | 6,0  | 3,5  | 24,3 | 2,4  |
| 4                 | 10,5 | 5,8  | 3,2  | 22,2 | 2,1  |
| 5                 | 10,5 | 6,0  | 3,8  | 26,5 | 2,5  |
| 6                 | 8,3  | 5,6  | 3,0  | 20,2 | 2,4  |
| 7                 | 10,5 | 6,7  | 3,0  | 24,3 | 2,3  |
| 8                 | 10,3 | 5,3  | 2,9  | 21,1 | 2,0  |
| 9                 | 10,6 | 6,6  | 3,5  | 26,5 | 2,5  |
| 10                | 9,4  | 5,5  | 3,0  | 24,0 | 2,6  |
| 11                | 11,2 | 6,9  | 2,8  | 24,5 | 2,2  |
| 12                | 10,1 | 6,6  | 2,7  | 20,6 | 2,0  |
| НІР <sub>05</sub> | 0,77 | 0,34 | 0,48 | 0,95 | 0,38 |
| «Ярило»           |      |      |      |      |      |
| 1                 | 10,3 | 6,0  | 2,1  | 14,3 | 1,4  |
| 2                 | 9,7  | 5,0  | 2,3  | 13,4 | 1,4  |
| 3                 | 8,0  | 5,0  | 3,1  | 18,4 | 2,3  |
| 4                 | 9,0  | 5,0  | 2,7  | 19,2 | 2,1  |
| 5                 | 9,0  | 5,7  | 3,0  | 19,9 | 2,2  |
| 6                 | 8,7  | 5,1  | 2,8  | 19,3 | 2,2  |
| 7                 | 9,1  | 5,7  | 2,9  | 20,2 | 2,2  |
| 8                 | 6,5  | 5,0  | 2,6  | 15,7 | 2,4  |
| 9                 | 9,6  | 5,3  | 3,5  | 25,0 | 2,6  |
| 10                | 7,9  | 5,2  | 3,0  | 18,7 | 2,4  |
| 11                | 9,8  | 5,6  | 2,5  | 18,1 | 1,8  |
| 12                | 8,2  | 5,4  | 2,4  | 15,8 | 1,9  |
| НІР <sub>05</sub> | 0,69 | 0,40 | 0,40 | 1,00 | 0,44 |
| «Загрей»          |      |      |      |      |      |
| 1                 | 10,0 | 5,0  | 2,2  | 13,1 | 1,3  |
| 2                 | 9,9  | 4,7  | 2,2  | 12,7 | 1,3  |
| 3                 | 7,6  | 5,0  | 2,9  | 17,1 | 2,2  |
| 4                 | 8,4  | 4,7  | 2,7  | 18,6 | 2,2  |
| 5                 | 8,0  | 4,8  | 3,2  | 15,8 | 2,0  |
| 6                 | 7,3  | 4,0  | 2,8  | 17,0 | 2,3  |
| 7                 | 7,6  | 4,7  | 2,8  | 18,8 | 2,5  |
| 8                 | 7,0  | 4,7  | 2,5  | 16,5 | 2,4  |
| 9                 | 8,9  | 4,6  | 3,3  | 21,6 | 2,4  |
| 10                | 7,6  | 4,7  | 2,9  | 19,3 | 2,5  |
| 11                | 8,7  | 4,3  | 2,6  | 16,2 | 1,9  |
| 12                | 7,9  | 4,7  | 2,2  | 14,3 | 1,8  |
| НІР <sub>05</sub> | 0,72 | 0,32 | 0,33 | 0,81 | 0,35 |

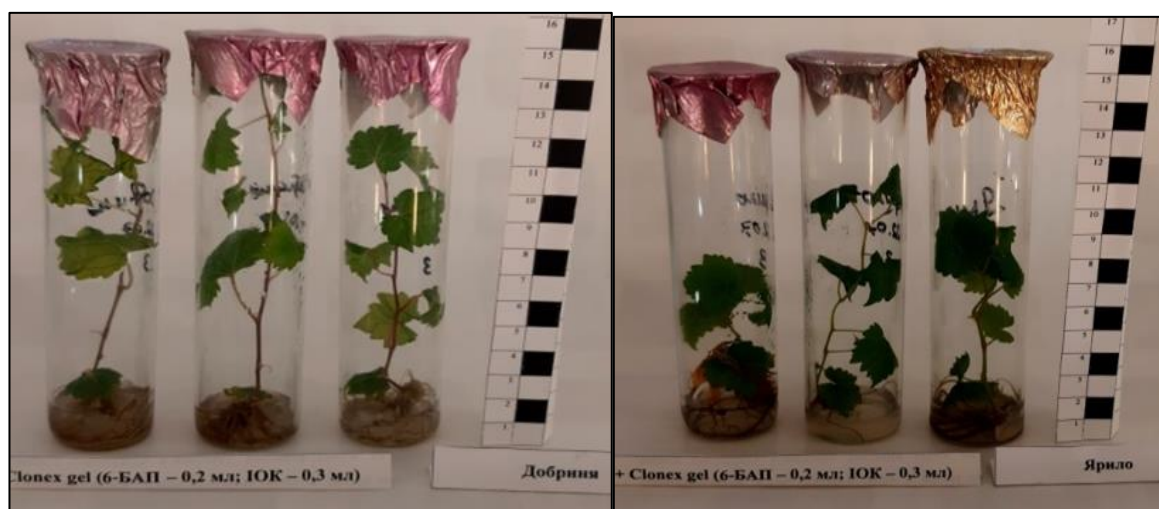


Рис. 4.1. Розвиток мікроклонів винограду контрольних варіантів

У варіантах, де до поживного середовища додавали препарат Радіфарм (третій, четвертий варіанти), висота рослин зменшувалася порівняно з контролем у середньому на 10,3–13,1 % («Добриня»), 5,9–15,7 % («Гарант»), 7,5–22,7 % («Ярило») та 15,2–23,7 % («Загрей») (рис. 4.2). У п'ятому та шостому варіантах (де базальну частину ініціальних експлантів перед висаджуванням на поживне середовище обробляли Clonex gel) вона зменшувалась у середньому на 14,9–20,2 % і 11,2–25,7 % для сортів



Радіфарм



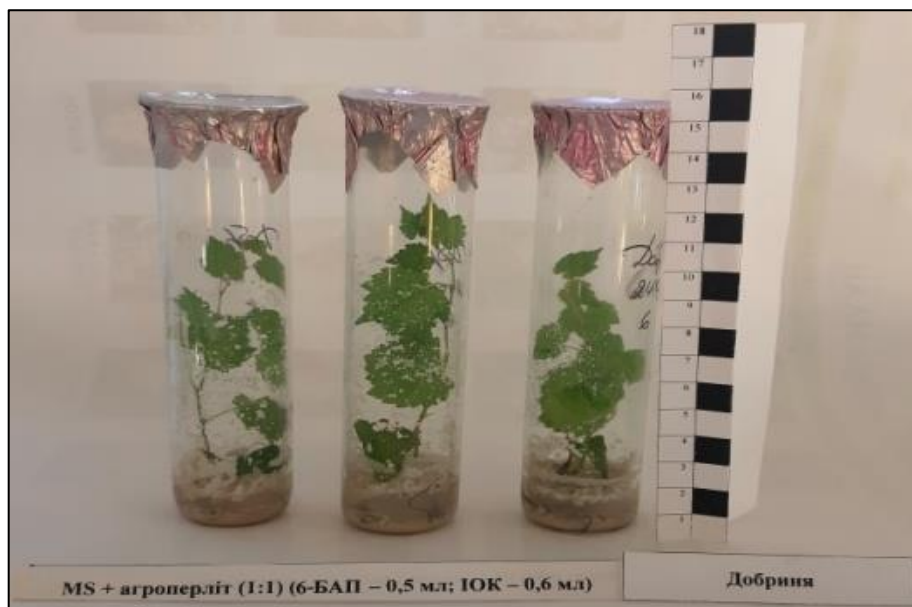
Clonex gel

Рис. 4.2. Розвиток мікроклонів винограду на поживних середовищах з біологічно активними препаратами

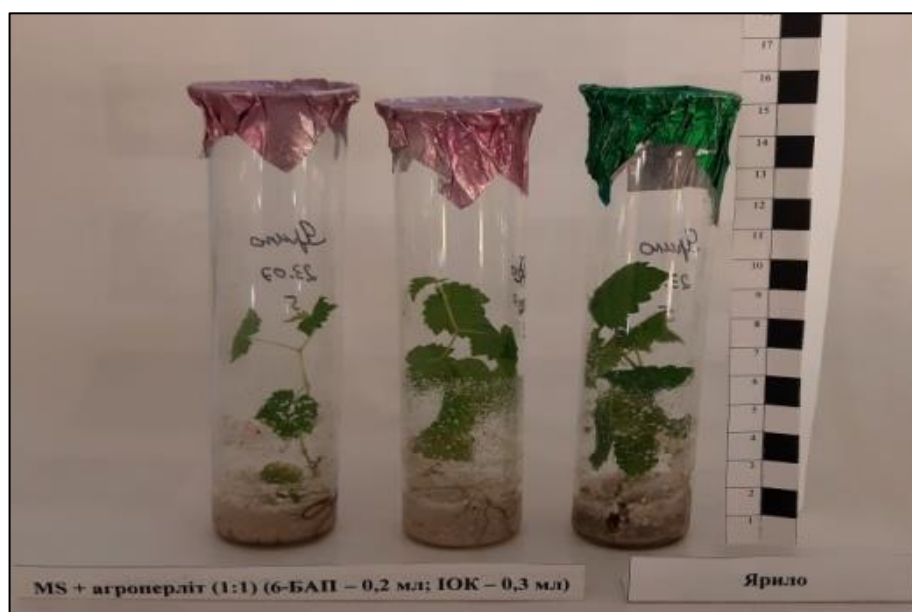
«Добриня» і «Гарант» та на 10,2–12,4 % і 19,7–25,7 % для сортів «Ярило» і «Загрей». Кількість листкових пластинок дорівнювала 6,0 шт. (Радіфарм), 5,6–6,8 шт. (Clonex gel) – у підщепних сортів та 5,0–6,0 шт., 4,0–5,8 шт. – у технічних.

Мікроклони винограду, які культивували на поживних середовищах, до яких додавали мінеральні субстрати (сьомий, восьмий, дев'ятий, десятий, одинадцятий та дванадцятий варіанти), характеризувалися тим, що висота

рослин зменшувалася порівняно з контролем на 14,0 % – для сорту «Добриня», 10,0 % – для сорту «Гарант» та на 15,1 %, 20,2 % для сортів «Ярило» і «Загрей». Середня кількість листків у мікроклонів цих варіантів дорівнювала 6,0–7,7 шт. у сортів «Добриня» і «Гарант», 5,0–6,2 шт. у сортів «Ярило» і «Загрей» (табл. 4.1, рис. 4.3).



I



II

Рис. 4.3. Розвиток мікроклонів винограду на структурованих поживних середовищах

I – підщепні сорти; II – технічні сорти

Незважаючи на зменшення висоти рослин і кількості листків, мікроклональні рослини у дослідних варіантах характеризувалися більшою площею листкової пластинки, кращими показниками площі листкової поверхні рослин та облистяністю. Ці показники дають змогу оцінити фотосинтетичний потенціал і функціональну активність рослин, що безпосередньо пов'язано з подальшими формоутворюючими процесами. Тому покращення цих показників є важливим фактором при переведенні рослин з умов *in vitro* в неконтрольовані умови довкілля з подальшим культивуванням.

Найбільшою площею листкової пластинки та загалом площею листкової поверхні мікроклонів винограду характеризувалися рослини підщепних сортів у третьому, п'ятому, сьомому, дев'ятому, десятому та одинадцятому варіантах. Подібна закономірність була відзначена і для рослин технічних сортів винограду, але в абсолютних одиницях ці показники були меншими за аналогічні – для підщепних сортів (табл. 4.1). Так, після застосування біологічно активних препаратів площа листка і площа листкової поверхні у сортів «Добриня» і «Гарант» дорівнювали 3,6 см<sup>2</sup> і 3,5 см<sup>2</sup>, 25,0 см<sup>2</sup>/м і 24,3 см<sup>2</sup>/м (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + Радіфарм) та 3,6 см<sup>2</sup> і 3,8 см<sup>2</sup>, 26,3 см<sup>2</sup>/м і 26,5 см<sup>2</sup>/м (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + Clonex gel), що на 58,3–61,3 %, 40,6–53,1 % (площа листка), 38,6–45,6 %, 21,3–32,1 % (площа листкової поверхні) були більшими за контрольні значення. У сортів «Ярило» і «Загрей» ці показники дорівнювали відповідно 3,1 см<sup>2</sup> і 2,9 см<sup>2</sup>, 18,4 см<sup>2</sup>/м і 17,1 см<sup>2</sup>/м (Радіфарм), 3,0 см<sup>2</sup> і 3,2 см<sup>2</sup>, 19,9 см<sup>2</sup>/м і 15,8 см<sup>2</sup>/м (Clonex gel), що на 38,8–42,9 %, 30,7–44,6 % (площа листкової пластинки), 28,6–38,8 %, 20,5–30,7 % (площа листкової поверхні) були більшими за контрольні значення.

Після культивування мікроклонів винограду на структурованих поживних середовищах із мінеральними субстратами площа листкової пластинки і площа листкової поверхні мікроклонів винограду, як підщепних, так і технічних сортів винограду зменшувалися. Порівняно з вищевказаними

варіантами (третій, п'ятий), ці показники зменшувались на 0,4–0,5 см<sup>2</sup> (площа листка), 0,3–1,5 см<sup>2</sup>/м (площа листкової поверхні) або на 11,6–14,3 % для підщепних сортів, 1,2–5,9 %, тоді як для технічних сортів показник площі листкових пластинок майже не змінювався, а площа листкової поверхні збільшувалася на 2,0–2,4 см<sup>2</sup>/м або на 10,2–14,8 %. Порівняно з контролем вони були більшими: для підщепних сортів у середньому на 24,5–33,5 % (площа листка) і 28,6–29,5 % (площа листкової поверхні), для технічних сортів – на 21,7–27,7 %, 35,9–37,6 %.

Оцінюючи загалом ступінь розвитку приросту мікроклональних рослин, визначають і такий показник, як облистяність. При цьому враховують площу листкової поверхні рослини, її висоту (довжину пагону). Таким чином, при збільшенні цього показника у розрахунку на один мікроклон (пагін) буде синтезувати більше пластичних речовин (асимілятів). У наших дослідженнях було встановлено, що найменшою облистяністю пагонів характеризувалися мікроклони у контрольних варіантах – у середньому 1,6 дм<sup>2</sup>/м (підщепні сорти) та 1,4 дм<sup>2</sup>/м (технічні сорти) (табл. 4.1).

Після застосування біологічно активних препаратів спостерігалось підвищення показників облистяності мікроклонів винограду. У підщепних сортів «Добриня» і «Гарант» цей показник становив відповідно 2,3 дм<sup>2</sup>/м (у середньому за варіантами з препаратом Радіфарм) та 2,6 і 2,5 дм<sup>2</sup>/м (у середньому за варіантами з Clonex gel). У технічних сортів «Ярило» і «Загрей» середні значення облистяності дорівнювали 2,2 дм<sup>2</sup>/м (за використання Радіфарм) та 2,2 і 2,1 дм<sup>2</sup>/м (за використання Clonex gel).

На структурованих поживних середовищах показники облистяності мікроклонів підщепних сортів винограду становили в середньому 2,2 дм<sup>2</sup>/м на середовищах MS із меншим (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК) та більшим (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК) вмістом фітогормонів з додаванням агроперліту; 2,6 дм<sup>2</sup>/м – у варіантах із вермикулітом за тих самих концентрацій; 2,0–2,1 дм<sup>2</sup>/м – на середовищах із сумішшю агроперліту та вермикуліту. У технічних сортів показники облистяності становили 2,3–

2,5 дм<sup>2</sup>/м (сьомий, восьмий варіанти), 2,5 дм<sup>2</sup>/м (дев'ятий, десятий варіанти) та 1,9 дм<sup>2</sup>/м (одинадцятий, дванадцятий варіанти).

Порівняно з контролем, на поживних середовищах з біологічно активними препаратами облистяність мікроклонів винограду у дослідних варіантах перевищувала контрольні значення в середньому на 38,8–59,5 % і 43,8–43,9 % (третій, четвертий), 71,1–73,4 % і 48,7–65,7 % (п'ятий, шостий) у сортів «Добриня», «Гарант» та на 54,5–66,4 % і 71,3–72,4 %, 58,5–60,0 % і 49,9–79,4 % у сортів «Ярило», «Загрей» відповідно; на структурованих поживних середовищах на 42,5–45,3 % і 36,5–38,9 % (сьомий, восьмий), 70,9–76,3 % і 47,8–74,6 % (дев'ятий, десятий), 24,7–42,4 % і 29,6–38,5 % (одинадцятий, дванадцятий) – у підщепних сортів та на 59,8–74,2 % і 82,2–90,1 %, 71,6–87,5 % і 85,5–96,3 %, 32,8–39,0 % і 41,2–42,8 % у технічних сортів.

Загальне порівняння розвитку мікроклонів винограду за біометричними параметрами показало, що мікроклони винограду підщепних сортів «Добриня» і «Гарант» мали кращий розвиток, ніж технічних сортів «Ярило» і «Загрей». Так, за висотою рослин підщепні сорти на 1,9 см (на 22,1 %) були вищими за технічні сорти та мали в середньому по 6,5 листків, за площею листка, площею листкової поверхні та облистяності мікроклони винограду сортів «Добриня» і «Гарант» переважали технічні сорти «Ярило» і «Загрей» на 0,3 см<sup>2</sup> (на 12,0 %) (площа листка), на 5,1 см<sup>2</sup>/м (на 29,3 %) (площа листкової поверхні), на 0,1 дм<sup>2</sup>/м (на 5,4 %) (облистяність).

Порівняння біометричних показників у мікроклонах винограду за фітогормональним складом показало, що рослини винограду, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,3 мг/л, 6-БАП – 0,2 мг/л), мали кращі показники росту та розвитку, порівняно з мікроклонами винограду, що культивували на поживних середовищах із більшим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,6 мг/л, 6-БАП – 0,5 мг/л). Перевага за цими показниками була: 7,1 % (висота мікроклонів), 6,2 % (кількість листків), 8,6 % (площа листкової пластинки), 9,9 % (площа

листкової поверхні), 2,5 % (облистяність).

*Поживні субстрати.* Після 60 діб культивування було встановлено, що мікроклони підщепних сортів винограду в контрольних варіантах мали більшу висоту пагону порівняно з дослідними варіантами. Довжина пагонів у мікроклонів контрольних варіантів дорівнювала 12,1 см та 11,7 см для сорту «Добриня», 11,9 см та 11,1 см для сорту «Гарант» і 10,3 см та 9,7 см для сорту «Ярило», 10,0 см та 9,9 см для сорту «Загрей» (табл. 4.2, рис. 4.4).

Таблиця 4.2

**Біометричні показники розвитку вегетативної надземної маси  
мікроклонів винограду на різних типах мінеральних субстратів  
(середнє за 2019–2022 рр.)**

| Варіанти дослідів | Висота, см | Кількість листків, шт. | Площа листка, см <sup>2</sup> | Площа листової поверхні, см <sup>2</sup> /м | Облистяність, дм <sup>2</sup> /м |
|-------------------|------------|------------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|
| 1                 | 2          | 3                      | 4                             | 5   | 6                                |
| <b>«Добриня»</b>  |            |                        |                               |   |                                  |
| 1                 | 12,1       | 7,0                    | 2,3                           | 18,0  | 1,5                              |
| 2                 | 11,7       | 6,4                    | 2,4                           | 17,6  | 1,5                              |
| 3                 | 7,1        | 5,5                    | 1,6                           | 8,7   | 1,2                              |
| 4                 | 3,8        | 4,3                    | 1,4                           | 5,9   | 1,6                              |
| 5                 | 5,1        | 5,8                    | 2,6                           | 15,0  | 2,9                              |
| НІР <sub>05</sub> | 0,66       | 0,19                   | 0,44                          | 0,88  | 0,35                             |
| <b>«Гарант»</b>   |            |                        |                               |   |                                  |
| 1                 | 11,9       | 7,0                    | 2,5                           | 20,0  | 1,7                              |
| 2                 | 11,1       | 6,0                    | 2,3                           | 16,3  | 1,5                              |
| 3                 | 6,2        | 5,5                    | 1,7                           | 9,5   | 1,5                              |
| 4                 | 3,8        | 4,7                    | 1,7                           | 7,7   | 2,0                              |
| 5                 | 5,3        | 5,8                    | 2,3                           | 13,4  | 2,5                              |
| НІР <sub>05</sub> | 0,67       | 0,22                   | 0,3                           | 0,71  | 0,32                             |
| <b>«Ярило»</b>    |            |                        |                               |   |                                  |
| 1                 | 10,3       | 6,0                    | 2,2                           | 14,3  | 1,4                              |
| 2                 | 9,7        | 5,0                    | 2,3                           | 13,4  | 1,4                              |
| 3                 | 5,9        | 5,3                    | 1,8                           | 9,5   | 1,6                              |
| 4                 | 3,7        | 4,7                    | 1,9                           | 8,7   | 2,3                              |

| 1                 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|-------------------|------|------|------|------|------|
| 5                 | 3,5  | 4,7  | 2,3  | 10,8 | 3,1  |
| НІР <sub>05</sub> | 0,59 | 0,27 | 0,40 | 0,50 | 0,33 |
| «Загрей»          |      |      |      |      |      |
| 1                 | 10,0 | 5,0  | 2,2  | 13,1 | 1,3  |
| 2                 | 9,9  | 4,7  | 2,3  | 12,7 | 1,3  |
| 3                 | 5,4  | 4,3  | 1,4  | 7,3  | 1,3  |
| 4                 | 4,9  | 4,0  | 2,0  | 10,2 | 2,1  |
| 5                 | 5,3  | 4,0  | 2,2  | 11,2 | 2,1  |
| НІР <sub>05</sub> | 0,61 | 0,30 | 0,33 | 0,46 | 0,30 |

Після культивування мікроклонів винограду підщепних сортів на поживному субстраті агроперліт їх висота зменшувалась порівняно з контрольною на 4,8–5,3 см або на 40,2–45,8 %; після культивування на поживному субстраті вермикуліт – на 7,7–8,1 см або на 66,8–68,3 %; після культивування на поживному субстраті агроперліт + вермикуліт – на 6,2–6,7 см або на 54,0–56,7 % (табл. 4.2).

Аналіз цього показника у мікроклонів технічних сортів винограду також вказує на перевагу в контрольних варіантах (рис. 4.5).

Після культивування мікроклонів винограду технічних сортів на поживному субстраті агроперліт їх висота зменшувалась порівняно з контрольною на 4,1–4,5 см або на 40,8–45,3 %; після культивування на поживному субстраті вермикуліт – на 5,0–6,3 см або на 50,7–63,0 %; після культивування на поживному субстраті агроперліт + вермикуліт – на 4,6–6,5 см або на 46,3–65,2 %.

Кількість листкових пластинок у мікроклонів підщепних сортів винограду варіювала залежно від використаного поживного середовища та субстрату. У рослин контрольних варіантів кількість листків була найбільшою (6,4–7,0 шт., 6,0–7,0 шт.).



I



II

III



IV

Рис. 4.4. Розвиток мікроклонів підщепних сортів винограду через 60 діб культивування

I – контроль; II – агроперліт; III – вермикуліт; IV – агроперліт + вермикуліт



I



II



III

IV

Рис. 4.5. Розвиток мікроклонів технічних сортів винограду через 60 діб  
культивування

I – контроль; II – агроперліт; III – вермикуліт; IV – агроперліт + вермикуліт

У сортів «Добриня» і «Гарант», які культивували на мінеральному субстраті агроперліт, кількість листкових пластинок дорівнювала 5,5 шт. для обох сортів; які культивували на поживному субстраті вермикуліт – 4,3–4,7 шт.; які культивували на поживному субстраті агроперліт + вермикуліт – відповідно 5,8 шт. (табл. 4.2).

У мікроклонів винограду технічних сортів «Ярило» і «Загрей» кількість листків знаходилась на рівні контрольних значень.

Площа листкових пластинок мікроклонів підщепних сортів винограду після культивування на різних субстратах варіювала від 1,4 см<sup>2</sup> до 2,6 см<sup>2</sup> і від 1,7 см<sup>2</sup> до 2,3 см<sup>2</sup> (третій–п'ятий варіанти), порівняно з контрольними значеннями відзначали зменшення на 31,3–40,7 % («Добриня») і 4,6–31,1 % («Гарант»).

Водночас у рослин п'ятого варіанту сорту «Добриня» вона збільшувалася на 11,4 %. Площа листкових пластинок мікроклонів технічних сортів винограду на вказаних субстратах варіювала від 1,8 до 2,3 см<sup>2</sup> та від 1,4 см<sup>2</sup> до 2,2 см<sup>2</sup>. Порівняно з контрольними значеннями відзначали зменшення на 15,6–19,9 % і 7,8–38,4 % (третій–четвертий варіанти) та збільшення на 0,8 і 5,0 % (п'ятий варіант).

Подібну закономірність було встановлено і за показником площі листової поверхні. У рослин дослідних варіантів підщепних сортів площа листової поверхні дорівнювала 8,7–15,0 см<sup>2</sup>/м і 7,7–13,4 см<sup>2</sup>/м, що на 15,8–66,7 % та 26,5–57,5 % було нижче за контрольні показники; для технічних сортів – 8,7–10,8 см<sup>2</sup>/м та 7,3–11,2 см<sup>2</sup>/м і було менше за контроль на 21,8–37,2 % і 13,6–43,6 % (табл. 4.2).

У ході дослідження було встановлено, що облистяність мікроклонів підщепних та технічних сортів винограду, культивованих *in vitro* на різних мінеральних субстратах, відрізнялася від контрольних значень. Зокрема, у рослин дослідних варіантів облистяність дорівнювала 1,2–2,9 дм<sup>2</sup>/м і 1,5–2,5 дм<sup>2</sup>/м (підщепні сорти) та 1,6–3,1 дм<sup>2</sup>/м і 1,3–2,1 дм<sup>2</sup>/м (технічні сорти); у контрольних рослин цей показник дорівнював відповідно 1,5–1,7 дм<sup>2</sup>/м

(підщепні сорти) та 1,3–1,4 дм<sup>2</sup>/м (технічні сорти) (табл. 4.2). Порівняно з контрольними показниками ці значення збільшувались для мікроклонів винограду четвертого і п'ятого варіантів сортів «Добриня» і «Гарант» на 5,0–28,1 % і 60,2–94,4 %, але зменшувались у третьому варіанті – на 3,9–18,1 %. Для сортів «Ярило» і «Загрей» при порівнянні з контролями у рослин, культивованих на агроперліті, вермикуліті і їх суміші показники збільшувались на 3,1–15,2 %, 60,3–69,6 %, 61,0–124,6 %.

#### 4.2. Коренева система

*Поживні середовища.* Відомо, що коренева система, сформована *in vitro*, характеризується відсутністю корневих волосків. Як наслідок, корені мають невелику площу контакту з поживним середовищем і слабку поглинаючу здатність, що негативно відображається на етапі їх адаптації до нових умов культивування. Тому ми припустили, що додавання до поживного середовища стимуляторів коренеутворення та мінеральних субстратів сприятиме формуванню більш потужної, розгалуженої кореневої системи.

Отримані результати показали, що у мікроклонів винограду всіх дослідних варіантів коренева система була розвинена краще, що проявлялося в утворенні більшої кількості коренів I та, особливо, коренів II порядку (табл. 4.3).

Згідно з отриманими результатами, найбільше коренів формувалося у мікроклонів винограду після їх обробки Clonex gel та культивування на поживних середовищах із мінеральними субстратами. Застосування Clonex gel у поживному середовищі з меншим вмістом фітогормонів забезпечувало утворення 10,8 і 10,7 шт. коренів I порядку у мікроклонів сортів «Добриня» і «Гарант» та 9,9 і 8,0 шт. – мікроклонів сортів «Ярило» і «Загрей». При внесенні препарату Радіфарм у поживне середовище MS з меншим вмістом фітогормонів показник дорівнював 5,5 і 6,5 шт. та 6,9 і 4,7 шт. коренів I порядку.

Таблиця 4.3

**Біометричні показники розвитку кореневої системи мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ  
(середнє за 2019–2022 рр.)**

| Варіанти дослідів | Загальна кількість коренів, шт. | Кількість коренів I порядку, шт. | Кількість коренів II порядку, шт. | Загальна довжина коренів I порядку, см | Загальна довжина коренів II порядку, см | Довжина одного кореня I порядку, см | Довжина одного кореня II порядку, см |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                 | 2                               | 3                                | 4                                 | 5                                      | 6                                       | 7                                   | 8                                    |
| <b>«Добриня»</b>  |                                 |                                  |                                   |  |   |                                     |                                      |
| 1                 | 23,7                            | 5,0                              | 18,7                              | 51,6                                   | 44,4                                    | 10,3                                | 2,4                                  |
| 2                 | 22,7                            | 5,0                              | 17,7                              | 48,1                                   | 41,3                                    | 9,6                                 | 2,3                                  |
| 3                 | 28,0                            | 5,5                              | 22,4                              | 56,9                                   | 34,1                                    | 10,3                                | 1,5                                  |
| 4                 | 27,9                            | 7,9                              | 20,0                              | 49,3                                   | 28,5                                    | 6,2                                 | 1,4                                  |
| 5                 | 45,4                            | 10,8                             | 34,7                              | 58,3                                   | 37,9                                    | 5,4                                 | 1,1                                  |
| 6                 | 37,9                            | 8,3                              | 29,6                              | 51,7                                   | 35,2                                    | 6,2                                 | 1,2                                  |
| 7                 | 34,7                            | 8,7                              | 26,0                              | 37,5                                   | 30,4                                    | 4,3                                 | 1,2                                  |
| 8                 | 32,3                            | 7,1                              | 25,2                              | 36,4                                   | 28,3                                    | 5,1                                 | 1,1                                  |
| 9                 | 33,2                            | 8,9                              | 24,3                              | 32,3                                   | 29,3                                    | 3,6                                 | 1,2                                  |
| 10                | 34,9                            | 8,0                              | 26,9                              | 32,6                                   | 27,5                                    | 4,1                                 | 1,0                                  |
| 11                | 39,8                            | 10,3                             | 29,4                              | 33,5                                   | 32,4                                    | 3,2                                 | 1,1                                  |
| 12                | 39,6                            | 8,5                              | 31,1                              | 34,5                                   | 32,4                                    | 4,1                                 | 1,0                                  |
| НІР <sub>05</sub> | 5,0                             | 1,0                              | 6,2                               | 10,0                                   | 3,6                                     | 2,5                                 | 2,0                                  |
| <b>«Гарант»</b>   |                                 |                                  |                                   |  |   |                                     |                                      |
| 1                 | 25,0                            | 6,0                              | 19,0                              | 53,7                                   | 49,0                                    | 8,9                                 | 2,6                                  |
| 2                 | 22,3                            | 5,5                              | 16,8                              | 47,9                                   | 43,3                                    | 8,7                                 | 2,6                                  |

Продовження табл. 4.3

| 1                 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 3                 | 28,5 | 6,5  | 21,9 | 52,2 | 30,5 | 8,0  | 1,4 |
| 4                 | 26,2 | 6,1  | 20,1 | 46,2 | 30,7 | 7,6  | 1,5 |
| 5                 | 45,9 | 10,7 | 35,2 | 56,6 | 35,1 | 5,3  | 1,0 |
| 6                 | 36,6 | 8,1  | 28,6 | 51,3 | 32,6 | 6,3  | 1,1 |
| 7                 | 36,6 | 8,7  | 27,9 | 33,1 | 29,5 | 3,8  | 1,1 |
| 8                 | 33,7 | 6,2  | 27,5 | 34,5 | 26,8 | 5,5  | 1,0 |
| 9                 | 33,3 | 8,8  | 24,6 | 32,9 | 31,0 | 3,8  | 1,3 |
| 10                | 35,1 | 8,3  | 26,8 | 32,8 | 25,8 | 3,9  | 1,0 |
| 11                | 38,1 | 8,9  | 29,2 | 28,1 | 31,9 | 3,1  | 1,1 |
| 12                | 39,2 | 8,3  | 30,8 | 30,4 | 33,7 | 3,6  | 1,1 |
| НІР <sub>05</sub> | 3,80 | 0,92 | 5,5  | 8,5  | 2,0  | 2,0  | 1,5 |
| «Ярило»           |      |      |      |      |      |      |     |
| 1                 | 21,0 | 5,0  | 16,0 | 50,0 | 48,6 | 10,0 | 3,0 |
| 2                 | 19,0 | 5,0  | 14,0 | 46,9 | 44,4 | 9,4  | 3,2 |
| 3                 | 25,9 | 6,9  | 18,9 | 42,8 | 32,9 | 6,2  | 1,7 |
| 4                 | 23,1 | 5,9  | 17,2 | 39,4 | 29,2 | 6,7  | 1,7 |
| 5                 | 42,1 | 9,9  | 32,2 | 43,4 | 29,2 | 4,4  | 0,9 |
| 6                 | 34,2 | 7,3  | 26,9 | 41,5 | 30,6 | 5,7  | 1,1 |
| 7                 | 33,1 | 8,7  | 24,4 | 26,9 | 28,7 | 3,1  | 1,2 |
| 8                 | 28,8 | 5,2  | 23,6 | 24,2 | 22,1 | 4,6  | 0,9 |
| 9                 | 31,5 | 6,8  | 24,8 | 24,8 | 25,1 | 3,7  | 1,0 |
| 10                | 32,2 | 6,4  | 25,8 | 26,4 | 24,1 | 4,1  | 0,9 |
| 11                | 38,3 | 8,4  | 29,9 | 29,2 | 28,5 | 3,5  | 1,0 |

Продовження табл. 4.3

| 1                 | 2    | 3   | 4    | 5    | 6    | 7   | 8   |
|-------------------|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| 12                | 36,1 | 6,3 | 29,8 | 24,2 | 28,4 | 3,8 | 1,0 |
| HIP <sub>05</sub> | 5,4  | 1,0 | 6,7  | 11,1 | 7,5  | 2,0 | 2,0 |
| «Загрей»          |      |     |      |      |      |     |     |
| 1                 | 21,0 | 5,0 | 16,0 | 47,2 | 42,4 | 9,4 | 2,6 |
| 2                 | 18,0 | 5,0 | 13,0 | 47,9 | 43,9 | 9,6 | 3,4 |
| 3                 | 21,3 | 4,7 | 16,7 | 37,9 | 33,9 | 8,1 | 2,0 |
| 4                 | 23,7 | 6,7 | 17,0 | 37,9 | 31,7 | 5,7 | 1,9 |
| 5                 | 38,7 | 8,0 | 30,7 | 44,0 | 26,8 | 5,5 | 0,9 |
| 6                 | 32,0 | 7,3 | 24,7 | 37,7 | 26,6 | 5,1 | 1,1 |
| 7                 | 31,4 | 6,8 | 24,7 | 28,2 | 26,6 | 4,2 | 1,1 |
| 8                 | 27,5 | 4,8 | 22,7 | 26,3 | 20,5 | 5,4 | 0,9 |
| 9                 | 29,0 | 7,3 | 21,7 | 22,5 | 24,6 | 3,1 | 1,1 |
| 10                | 32,0 | 7,0 | 25,0 | 23,5 | 24,5 | 3,4 | 1,0 |
| 11                | 38,0 | 8,3 | 29,7 | 27,6 | 26,5 | 3,3 | 0,9 |
| 12                | 35,2 | 6,7 | 28,5 | 26,1 | 24,5 | 3,9 | 0,9 |
| HIP <sub>05</sub> | 5,7  | 0,8 | 5,0  | 9,5  | 6,0  | 1,8 | 1,8 |

На структурованих поживних середовищах у мікроклонів підщепних сортів утворювалося по 8,7–10,3 шт. і 8,7–8,9 шт. коренів I порядку (сьомий, дев'ятий, одинадцятий варіанти); у мікроклонів технічних сортів цей показник дорівнював 6,8–8,7 шт. і 6,8–8,3 шт. Для контрольних рослин цей показник дорівнював 5,0–6,0 шт. (підщепні сорти) та 5,0 шт. (технічні сорти).

Найбільша кількість коренів II порядку, як у підщепних, так і технічних сортів винограду, була у мікроклонів п'ятого, шостого, одинадцятого, дванадцятого варіантів. У мікроклонів, які обробляли Clonex gel, кількість коренів II порядку становила 28,6–35,2 шт. (п'ятий, шостий варіанти) для сортів «Добриня» і «Гарант», 24,7–32,2 шт. для сортів «Ярило» і «Загрей». У варіантах, де до поживного середовища додавали агроперліт і вермикуліт, кількість коренів II порядку для підщепних сортів дорівнювала 29,2–31,1 шт. (одинадцятий, дванадцятий варіанти) та 28,5–29,9 шт. для технічних сортів. Для контрольних рослин цей показник дорівнював 16,8–19,0 шт. (підщепні сорти) та 13,0–16,0 шт. (технічні сорти). Цей показник зменшувався відносно вищевказаних показників підщепних сортів у середньому на 77,1 % (п'ятий, шостий варіанти), 67,7 % (одинадцятий, дванадцятий варіанти); відносно технічних сортів відповідно на 93,7 %, 101,0 %.

Отже, за кількістю коренів I і II порядків найкращими були варіанти, де мікроклони винограду культивували на структурованих поживних середовищах з агроперлітом, вермикулітом і на поживному середовищі, де базальну частину обробляли препаратом Clonex gel та з меншим вмістом фітогормонів. Порівняно з контролями кількість коренів I порядку була більшою в 1,3–1,9 раза, кількість коренів II порядку – в 1,4–2,0 раза.

Визначення загальної довжини коренів I порядку показало, що найбільшою вона була у мікроклонів контрольних варіантів – 47,9–51,6 см (підщепні сорти), 47,2–50,0 см (технічні сорти) та після застосування препаратів Радіфарм і Clonex gel на поживному середовищі з меншим вмістом фітогормонів (рис. 4.6).



I

II



III

IV

Рис. 4.6. Розвиток кореневої системи мікроклонів винограду підщепних і технічних сортів

I – контроль 1; II – контроль 2; III – MS + Радіфарм; IV – MS + Clonex gel

Для рослин цих дослідних варіантів вказаний показник дорівнював 56,9 см і 52,2 см (третій варіант), 58,3 см і 56,6 см (п'ятий варіант) для сортів «Добриня» і «Гарант», 42,8 см і 37,9 см, 43,4 см і 44,0 см для сортів «Ярило» і «Загрей». У мікроклонів, які культивували на структурованих поживних середовищах, загальна довжина коренів I порядку зменшувалася майже на 40,0 % і дорівнювала для сортів «Добриня» і «Гарант» – 28,1–37,5 см, для сортів «Ярило» і «Загрей» – 22,5–29,2 см. Відповідно змінювалася і довжина одного кореня I порядку. У мікроклонів контрольних варіантів вона становила в середньому 10,0 см і 8,8 см («Добриня» і «Гарант»), 9,7 см і 9,5 см («Ярило» і «Загрей»). Для рослин сорту «Добриня» після застосування біологічно активних препаратів це значення дорівнювало 6,2–10,3 см (Радіфарм), 5,4–6,2 см (Clonex gel), для сорту «Гарант» – 7,6–8,0 см, 5,3–6,3 см, і для рослин технічних сортів – 6,2–6,7 см, 4,4–5,7 см (сорт «Ярило»), 5,7–8,1 см, 5,1–5,5 см (сорт «Загрей»). На структурованих поживних середовищах довжина одного кореня у сортів «Добриня» і «Гарант» у середньому дорівнювала 3,2–5,1 см, 3,1–5,5 см, а для сортів «Ярило» і «Загрей» – 3,1–4,6 см, 3,1–5,4 см.

Перевагу за показником загальної довжини коренів II порядку так само мали рослини контрольних варіантів. Їх довжина дорівнювала у середньому 41,3–49,0 см («Добриня» і «Гарант») та 42,4–48,6 см («Ярило» і «Загрей»), а довжина одного кореня відповідно – 2,3–2,6 см («Добриня» і «Гарант»), 2,6–3,4 см («Ярило» і «Загрей»).

Загальна довжина коренів II порядку рослин дослідних варіантів (третій–шостий) зменшувалась на 14,7–30,9 % і 24,8–37,7 % (підщепні сорти), 31,1–39,9 % і 20,0–39,3 % (технічні сорти) і дорівнювала 28,5–37,9 см і 30,5–35,1 см, 29,1–32,9 см і 26,6–33,9 см, а довжина одного кореня II порядку – відповідно зменшувалась на 36,0–54,0 % і 40,8–61,4 % (підщепні сорти), 42,8–70,2 % і 23,2–68,0 % (технічні сорти) порівняно з контролем і дорівнювала 1,0–1,5 см (підщепні сорти), 0,9–2,0 см (технічні сорти). У мікроклонів винограду сьомого–дванадцятого варіантів загальна довжина коренів II порядку була меншою за контрольний показник на 21,4–34,1 % і

22,1–40,5 % і дорівнювала 27,5–32,4 см і 25,8–33,7 см (підщепні сорти), на 36,1–50,2 % і 37,2–53,4 %, дорівнювала 22,1–28,7 см і 20,5–26,6 см (технічні сорти), а довжина одного кореня II порядку зменшувалась на 49,3–56,3 % і 51,1–62,2 % і дорівнювала 1,0–1,2 см і 1,0–1,3 см (підщепні сорти), на 61,3–70,5 % і 57,1–74,5 %, дорівнювала 0,9–1,2 см і 0,9–1,1 см (технічні сорти).

Порівняння біометричних показників кореневої системи мікроклонів винограду за фітогормональним складом показало, що рослини винограду, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,3 мг/л, 6-БАП – 0,2 мг/л), мали кращі показники росту та розвитку порівняно з мікроклонами винограду, що культивували на поживних середовищах із більшим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,6 мг/л, 6-БАП – 0,5 мг/л). Перевага за цими показниками була: 6,8 % (загальна кількість коренів), 12,6 % (кількість коренів I порядку), 5,0 % (кількість коренів II порядку), 5,6 % (довжина коренів I порядку), 6,6 % (довжина коренів II порядку), але зменшувалась на 3,3 % (довжина одного кореня I порядку). Довжина одного кореня II порядку була майже на одному рівні.

*Поживні субстрати.* Через 60 діб культивування мікроклонів винограду на поживних субстратах агроперліт, вермикуліт, агроперліт + вермикуліт були проведені обліки розвитку кореневої системи. На основі отриманих результатів було встановлено, що найкращий розвиток кореневої системи (загальна кількість коренів, кількість коренів I і II порядків) мали мікроклони, які культивували на поживних субстратах агроперліт + вермикуліт (1:1) (підщепні сорти) та на вермикуліті (технічні сорти) (табл. 4.4, рис. 4.7).

У контролях (MS із різним вмістом фітогормонів ІОК і 6-БАП) цей показник перебував у межах 18,0–25,0 шт. На вермикуліті (четвертий варіант) кількість коренів збільшувалася у середньому на 38,3–61,0 % відносно контролю: у сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» та «Загрей» цей показник дорівнював відповідно 35,6 шт.; 32,7 шт.; 31,0 шт.; 31,4 шт.

Таблиця 4.4

**Біометричні показники розвитку кореневої системи мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів  
(середнє за 2019–2022 рр.)**

| Варіанти          | Загальна кількість коренів, шт. | Кількість коренів I порядку, шт. | Кількість коренів II порядку, шт. | Загальна довжина коренів I порядку, см | Загальна довжина коренів II порядку, см | Довжина одного кореня I порядку, см | Довжина одного кореня II порядку, см |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|---|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                 | 2                               | 3                                | 4                                 | 5                                      | 6                                       | 7                                   | 8                                    |
| «Добриня»         |                                 |                                  |                                   |  |   |                                     |                                      |
| 1                 | 23,7                            | 5,0                              | 18,7                              | 51,6                                   | 44,4                                    | 10,3                                | 2,4                                  |
| 2                 | 22,7                            | 5,0                              | 17,7                              | 48,1                                   | 41,3                                    | 9,6                                 | 2,3                                  |
| 3                 | 18,3                            | 8,8                              | 9,5                               | 11,0                                   | 12,0                                    | 3,3                                 | 0,7                                  |
| 4                 | 35,6                            | 16,7                             | 18,9                              | 13,3                                   | 12,7                                    | 8,7                                 | 1,0                                  |
| 5                 | 35,8                            | 16,8                             | 19,0                              | 14,0                                   | 18,8                                    | 7,5                                 | 1,0                                  |
| НІР <sub>05</sub> | 4,8                             | 0,95                             | 1,2                               | 10,0                                   | 11,1                                    | 1,6                                 | 0,6                                  |
| «Гарант»          |                                 |                                  |                                   |  |   |                                     |                                      |
| 1                 | 25,0                            | 6,0                              | 19,0                              | 53,7                                   | 49,0                                    | 8,9                                 | 2,6                                  |
| 2                 | 22,3                            | 5,5                              | 16,8                              | 47,9                                   | 43,3                                    | 8,7                                 | 2,6                                  |
| 3                 | 32,3                            | 15,3                             | 17,0                              | 6,2                                    | 25,4                                    | 8,2                                 | 0,9                                  |
| 4                 | 32,7                            | 13,2                             | 19,5                              | 16,7                                   | 33,4                                    | 7,3                                 | 1,3                                  |
| 5                 | 35,7                            | 15,6                             | 20,1                              | 19,9                                   | 42,2                                    | 4,1                                 | 2,1                                  |
| НІР <sub>05</sub> | 5,0                             | 1,1                              | 1,0                               | 11,3                                   | 10,6                                    | 1,0                                 | 0,5                                  |

Продовження табл. 4.4

| 1                 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|-----|
| «Ярило»           |      |      |      |      |      |      |     |
| 1                 | 21,0 | 5,0  | 16,0 | 50,0 | 48,6 | 10,0 | 3,0 |
| 2                 | 19,0 | 5,0  | 14,0 | 46,9 | 44,4 | 9,4  | 3,2 |
| 3                 | 28,6 | 11,3 | 17,3 | 11,7 | 11,4 | 6,8  | 0,9 |
| 4                 | 31,0 | 12,2 | 18,8 | 18,2 | 17,2 | 3,4  | 1,5 |
| 5                 | 26,6 | 6,8  | 19,8 | 18,6 | 22,4 | 7,7  | 1,1 |
| НІР <sub>05</sub> | 5,5  | 1,2  | 1,1  | 11,0 | 10,0 | 1,0  | 0,7 |
| «Загрей»          |      |      |      |      |      |      |     |
| 1                 | 21,0 | 5,0  | 16,0 | 47,2 | 42,4 | 9,4  | 2,6 |
| 2                 | 18,0 | 5,0  | 13,0 | 47,9 | 43,9 | 9,6  | 3,4 |
| 3                 | 27,5 | 13,5 | 14,0 | 12,3 | 13,7 | 7,2  | 1,2 |
| 4                 | 31,4 | 13,7 | 17,7 | 15,4 | 15,3 | 6,7  | 1,3 |
| 5                 | 27,3 | 8,0  | 19,3 | 24,2 | 16,1 | 6,3  | 1,5 |
| НІР <sub>05</sub> | 5,6  | 1,3  | 1,3  | 11,5 | 10,5 | 1,1  | 0,6 |



Агроперліт



Вермикуліт



Агроперліт + вермикуліт

Рис. 4.7. Довжина коренів мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів

На суміші агроперліту з вермикулітом (п'ятий варіант) формувалася менша кількість коренів (але також відмінна від контролю) – 26,6–35,8 шт. На агроперліті (третій варіант) кількість коренів була найменшою, що може свідчити про його менш сприятливі фізико-хімічні властивості для розвитку кореневої системи.

Використання мінеральних субстратів сприяло більш інтенсивному формуванню коренів I порядку порівняно з контролем. У рослин контрольних варіантів кількість коренів I порядку дорівнювала 5,0–6,0 шт. На вермикуліті та суміші агроперліт + вермикуліт цей показник збільшувався у 1,4–3,4 раза. Зокрема, у сорту «Добриня» кількість коренів I порядку на вермикуліті становила 16,7 шт., на суміші – 16,8 шт., що в середньому у 3,4 раза перевищувало контроль; у сорту «Гарант» – 13,2 шт., 15,6 шт., що відповідно у 2,5 раза було більше контролю; у сорту «Ярило» – 12,2 шт., 6,8 шт., що у 1,9 раза перевищувало контроль; та у сорту «Загрей» – 13,7 шт., 8,0 шт., що у 2,2 раза перевищувало контроль.

На мінеральних поживних субстратах спостерігалось також збільшення кількості коренів II порядку. Найбільше таких коренів формувалося у рослин, що культивували у варіантах з вермикулітом та сумішшю агроперліт + вермикуліт: у сорту «Добриня» – 18,9–19,0 шт., «Гарант» – 16,7–17,8 шт., «Ярило» – 18,8–19,8 шт., «Загрей» – 14,7–19,3 шт., що в середньому перевищувало контроль на 3,8–33,1 %. Збільшення кількості коренів II порядку свідчить про формування більш розгалуженої та функціонально ефективною кореневої системи, що підвищує адаптаційний потенціал мікроклонів.

Загальна довжина коренів I порядку була найбільшою у рослин контрольних варіантів, де формувалося менше коренів, проте кожен із них мав значну довжину (у сорту «Добриня» 48,1–51,6 см, «Гарант» 47,9–53,7 см, «Ярило» 46,9–50,0 см, «Загрей» 47,2–47,9 см). Використання мінеральних субстратів сприяло збільшенню кількості коренів I порядку, відповідно зменшенню їх довжини (довжина одного кореня дорівнювала 3,3–8,7 см), що свідчить про більш інтенсивне розгалуження кореневої системи. Загальна довжина коренів II порядку та довжина одного кореня II порядку збільшувалися у варіантах з вермикулітом та сумішшю агроперліт + вермикуліт і дорівнювала 12,0–42,2 см та 0,7–2,1 см відповідно, що вказує на активне формування коренів II порядку і більш розгалуженої кореневої

системи.

За матеріалами розділу «Біометричні показники росту і розвитку мікроклонів винограду *in vitro*» надруковано 11 наукових праць [25, 21, 29, 268, 22, 23, 33, 26, 31, 20, 27].

#### **Висновки до розділу 4**

1. Інтенсивність формування вегетативної надземної маси та кореневої системи мікроклонів винограду суттєво залежала від складу поживного середовища, зокрема від концентрації фітогормонів, наявності біологічно активних препаратів, мінеральних субстратів (у т. ч. структуровані поживні середовища: MS + агроперліт, MS + вермикуліт, MS + агроперліт + вермикуліт) та сорту винограду.
2. Мікроклони винограду, культивовані на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,3 мг/л, 6-БАП – 0,2 мг/л), характеризувалися більш інтенсивним розвитком надземної та підземної частин порівняно з рослинами на середовищах із вищими концентраціями фітогормонів (ІОК – 0,6 мг/л, 6-БАП – 0,5 мг/л). Висота пагонів була більшою на 7,1 %, кількість листків – на 6,2 %, площа листкової пластинки – на 8,6 %, площа листкової поверхні – на 9,9 %, облистяність – на 2,5 %. Загальна кількість коренів, кількість коренів I та II порядків перевищували контроль на 6,8 %, 12,6 % та 5,0 % відповідно, загальна довжина коренів I порядку збільшувалась на 5,6 %, а загальна довжина коренів II порядку – на 6,6 %, довжина одного кореня II порядку – на 0,1 %, але довжина одного кореня I порядку зменшувалася на 3,3 %. Таким чином, зменшена концентрація фітогормонів забезпечувала більш збалансований ріст рослин і активний ризогенез.
3. Аналіз показників висоти мікроклонів та кількості листкових пластинок показав, що мікроклони контрольних варіантів характеризувалися найбільшою висотою пагонів (11,1–12,1 см у підщепних сортів і 9,7–10,3 см у

технічних) та кількістю листків (4,7–7,0 шт.), що в середньому на 13,2–21,1 % більше, ніж у варіантах із додаванням біологічно активних препаратів, і на 10,0–20,2 % більше, ніж у варіантах зі структурованими поживними середовищами. Контрольні мікроклони також мали більшу кількість листків – на 3,1–5,9 % більше, що свідчить про стимулюючий вплив базового середовища MS із фітогормональним комплексом ІОК + 6-БАП на ці показники.

Використання чистих мінеральних субстратів для культивування мікроклонів винограду *in vitro* призводило до зниження висоти пагонів відносно контролю: на агроперліті – на 40,2–45,8 %, на вермикуліті – на 50,7–68,3 %, на суміші агроперліт + вермикуліт – на 46,3–65,2 %; зменшення кількості листкових пластинок у дослідних варіантах становило: на агроперліті – 3,0–18,2 %, на вермикуліті – 15,2–35,5 %, на суміші агроперліт + вермикуліт – 10,3–17,2 %. При порівнянні дослідних варіантів було встановлено, що на агроперліті формувалися мікроклони з найвищою висотою та більшою кількістю листкових пластинок.

4. Додавання до поживних середовищ біологічно активних препаратів Радіфарм і Clonex gel сприяло збільшенню площі листкової пластинки (на 31,5–46,1 %), загальної площі листкової поверхні (на 28,0–38,5 %) та показника облистяності (на 50,5–68,3 %) відносно контролю. Найбільшими значеннями площі листкової поверхні (до 26,3–26,5 см<sup>2</sup>/м) та облистяності (2,5–2,6 дм<sup>2</sup>/м) характеризувалися мікроклони винограду сортів «Добриня» і «Гарант» у варіантах із Clonex gel. Мікроклони сортів «Ярило» і «Загрей» характеризувалися меншою площею листка, площею листкової поверхні, облистяності, проте всі вони перевищували контрольні значення.

Використання структурованих поживних середовищ із мінеральними субстратами (агроперліт, вермикуліт, агроперліт + вермикуліт) також позитивно впливало на формування асиміляційного апарату мікроклонів. Рослини цих варіантів, порівняно з контролем, мали більшу площу листкової поверхні (до 27,2 см<sup>2</sup>/м, що на 28,6–37,6 % більше контролю) та облистяність

(1,8–2,6 дм<sup>2</sup>/м, що на 44,3–73,0 % більше контролю). Така властивість була особливо виражена на структурованих поживних середовищах із вермикулітом, сумішшю агроперліту з вермикулітом.

Після культивування мікроклонів винограду *in vitro* на чистих мінеральних субстратах площа листкової пластинки підщепних сортів варіювала в межах 1,4–2,6 см<sup>2</sup>, технічних – у межах 1,4–2,3 см<sup>2</sup>, при цьому перевагу над контрольними значеннями, за цим показником відмічено тільки на суміші агроперліт + вермикуліт для сортів «Добриня» і «Ярило» – на 5,0 та 11,4 % відповідно. Площа листкової поверхні мікроклонів як підщепних, так і технічних сортів залишалася меншою за контрольні значення; максимальні значення площі листкової поверхні серед дослідних варіантів відмічено на суміші агроперліту та вермикуліту. Суттєво відрізнявся від контролю показник облистяності мікроклонів, особливо на суміші агроперліт з вермикулітом. У підщепних сортів вони становили 2,5–2,9 дм<sup>2</sup>/м, у технічних – 2,1–3,1 дм<sup>2</sup>/м, що перевищувало контрольні значення відповідно в середньому в 1,8 раза для підщепних і 1,9 раза для технічних сортів.

5. Аналіз біометричних показників розвитку кореневої системи показав, що загальна кількість коренів та кількість коренів I і II порядку у мікроклонів підщепних та технічних сортів значно залежала від складу поживного середовища та (особливо) використання стимуляторів коренеутворення. У мікроклонів підщепних сортів дослідних варіантів загальна кількість коренів варіювала від 26,2 до 45,9 шт., у мікроклонів технічних сортів – від 21,3 до 42,1 шт., при цьому кількість коренів I порядку перевищувала контрольні значення (5,0–6,0 шт. підщепні, 5,0 шт. технічні) в 1,4–1,6 раза, кількість коренів II порядку – в 1,5–1,6 раза. Найбільш розгалужену кореневу систему формували мікроклони після обробки препаратом Clonex gel та після культивування на структурованих поживних середовищах із агроперлітом та вермикулітом.

6. Загальна довжина коренів I порядку у контрольних рослин була найбільшою – 47,9–53,7 см (підщепні сорти) і 47,2–50,0 см (технічні сорти), у

рослин дослідних варіантів вона зменшувалася на 15,1–34,5 % і змінювалася від 28,1 до 58,3 см (підщепні сорти) та 22,5–44,0 см (технічні сорти). Загальна довжина коренів II порядку у мікроклонів дослідних варіантів була меншою за контроль на 26,2–33,4 % (підщепні сорти) та 38,2–40,1 % (технічні сорти) і становила 25,8–37,9 см (підщепні сорти) та 20,5–33,9 см (технічні сорти). Порівняння дослідних варіантів показало, що найдовші корені різних порядків формували мікроклони після впливу препаратів Радіфарм і Clonex gel на поживному середовищі з меншим вмістом фітогормонів.

7. Довжина одного кореня I порядку у контрольних рослин дорівнювала 8,7–10,3 см (підщепні) та 9,4–10,0 см (технічні сорти), а у рослин дослідних варіантів вона коливалася від 3,1 до 10,3 см (підщепні) і від 3,1 до 8,1 см (технічні сорти), довжина одного кореня II порядку у контролях дорівнювала 2,3–2,6 см (підщепні) та 2,6–3,4 см (технічні сорти), у дослідних варіантах цей показник зменшувався в середньому на 49,5–63,1 % і дорівнював 1,0–1,5 см та 0,9–2,0 см відповідно у підщепних і технічних сортів. Порівняння дослідних варіантів показало, що найменше значення довжини одного кореня було відзначено у мікроклонів після культивування на структурованих поживних середовищах, тоді як застосування препаратів Clonex gel і Радіфарм дозволяло підтримувати більші значення цього показника.

8. Таким чином, за показниками кількості коренів, загальної довжини та довжини одного кореня найефективнішими виявилися варіанти з обробкою Clonex gel та культивуванням на структурованих поживних середовищах із агроперлітом і вермикулітом, що забезпечувало формування більш потужної, розгалуженої кореневої системи у мікроклонів винограду.

9. Культивування мікроклонів винограду *in vitro* на чистих мінеральних субстратах сприяло посиленому розвитку кореневої системи порівняно з контролем. Загальна кількість коренів у дослідних варіантах з вермикулітом та сумішшю агроперліт + вермикуліт перевищувала контрольні значення у середньому на 33,0–54,3 %. Кількість коренів I порядку на цих субстратах збільшувалася в 1,4–3,4 раза порівняно з контролем, що свідчить про активне

формування основних осьових коренів. Кількість коренів II порядку збільшувалася в 1,1–1,3 раза порівняно з контролем, що забезпечувало формування більш розгалуженої структури кореневої системи. Інтенсивне утворення коренів усіх порядків було на вермикуліті та суміші агроперліт + вермикуліт.

Найдовші корені I порядку формувалися у рослин контрольних варіантів. На поживних субстратах агроперліт, вермикуліт та агроперліт + вермикуліт загальна довжина коренів I порядку зменшувалася, що пояснюється збільшенням їх кількості та активним галуженням. Загальна довжина коренів II порядку збільшувалась у рослин після культивування на вермикуліті, суміші агроперліту з вермикулітом (до 42,2 см), що свідчить про розвиток більш потужної та функціонально активної кореневої системи. Довжина одного кореня I порядку у контрольних рослин становила 8,7–10,3 см, у рослин дослідних варіантів на мінеральних субстратах вона зменшувалася в 1,5 раза і дорівнювала 3,3–8,7 см. Аналогічну тенденцію було відзначено і для коренів II порядку: у контрольних рослин цей показник дорівнював 2,3–3,4 см, у рослин дослідних варіантів він зменшувався до 0,7–2,1 см. Таким чином, застосування чистих мінеральних субстратів для культивування мікроклонів *in vitro* забезпечувало формування більш розгалуженої кореневої системи з великою кількістю коротких коренів II порядку, що підвищує адаптаційний потенціал мікроклонів.

10. У результаті порівняльного аналізу біометричних показників росту та розвитку надземної частини та кореневої системи мікроклонів винограду встановлено сортову реакцію на склад поживного середовища та використаних мінеральних субстратів.

На поживних середовищах мікроклони винограду підщепних сортів «Добриня» і «Гарант» характеризувалися кращими біометричними показниками формування вегетативної надземної маси, порівняно з сортами «Ярило» і «Загрей». За висотою рослин вони переважали технічні сорти на 18,1 %, кількістю листків на 1,3 шт., площею листкової пластинки на 9,1 %,

площею листової поверхні на 22,7 % та облистяністю на 5,1 %. Коренева система характеризувалася більшою загальною кількістю коренів і переважанням коренів I порядку, що вказує на інтенсивний первинний ризогенез. У технічних сортів, навпаки, спостерігалось активніше утворення коренів II порядку, що забезпечувало більшу розгалуженість і загальну довжину кореневої системи.

На чистих мінеральних субстратах мікроклони підщепних сортів («Добриня», «Гарант») характеризувалися більшою висотою пагонів та листовою поверхнею, що свідчить про їх вищу адаптивність до умов мінеральних субстратів. У технічних сортів («Ярило», «Загрей») пагони формувалися повільніше, але вони характеризувалися більшим показником облистяності рослин. Найсприятливішим для росту вегетативної надземної маси мікроклонів більшості сортів виявився вермикуліт, який забезпечував оптимальне співвідношення вологості та аерації, сприяючи активному росту пагонів і листків. Коренева система мікроклонів підщепних сортів винограду характеризувалася інтенсивнішим утворенням основних осьових коренів на вермикуліті та суміші агроперліт + вермикуліт, тоді як технічні сорти формували більш розгалужену кореневу систему з підвищеною кількістю коренів II порядку. Такі відмінності свідчать про генетично зумовлену специфіку ростових процесів та різну реакцію сортів на структурно-фізичні властивості субстратів.

## РОЗДІЛ 5

### ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МІКРОКЛОНІВ ВИНОГРАДУ *IN VITRO*

#### 5.1. Вегетативна надземна маса

##### 5.1.1. Водний режим та вміст сухих речовин

У клітинах і тканинах розрізняють дві форми води – вільну (легкоутримувану) і зв'язану. Вільна вода характеризується високою рухомістю, це розчинник, який є основою перебігу всіх фізіолого-біохімічних реакцій. Дія стресового фактора в першу чергу призводить до випаровування та зменшення у клітинах саме цієї форми води. Зв'язана вода поділяється на зв'язану осмотично- і колоїдно-; вона є або у середині колоїдної системи, або на поверхні колоїдів, або між ними. Здатність рослин утримувати певну кількість води завдяки осмотичним силам і підвищенню гідрофільності біоколоїдів є універсальною реакцією організму на погіршення умов довкілля. Тому під впливом будь-якого стресора зменшення водовіддачі відбувається внаслідок підвищення водоутримувальної здатності тканин [38].

*Поживні середовища. Загальне обводнення.* Для підготовки мікроклонів винограду до переведення в неконтрольовані умови важливого значення набуває структура тканин вегетативної надземної маси. Її прийнято оцінювати за накопиченням сухої речовини або загальним обводненням тканин. Вміст води може змінюватись у широких межах і залежить від віку, фізіологічного і біохімічного стану рослин.

Визначення загального обводнення тканин показало, що найбільше води було у пагонах та листках мікроклонів винограду контрольних варіантів та варіантів, де у складі MS були БАП – Clonex gel і Радіфарм (третій–шостий варіанти). Так, у тканинах мікроклонів винограду підщепних сортів «Добриня» і «Гарант» контрольних варіантів загальний вміст води

дорівнював 92,9–93,6 % і 92,1–93,0 %; у тканинах мікроклонів, які культивували на поживних середовищах із біологічно активними препаратами, він дорівнював 91,2–92,9 % і 91,2–92,2 % (рис. 5.1).

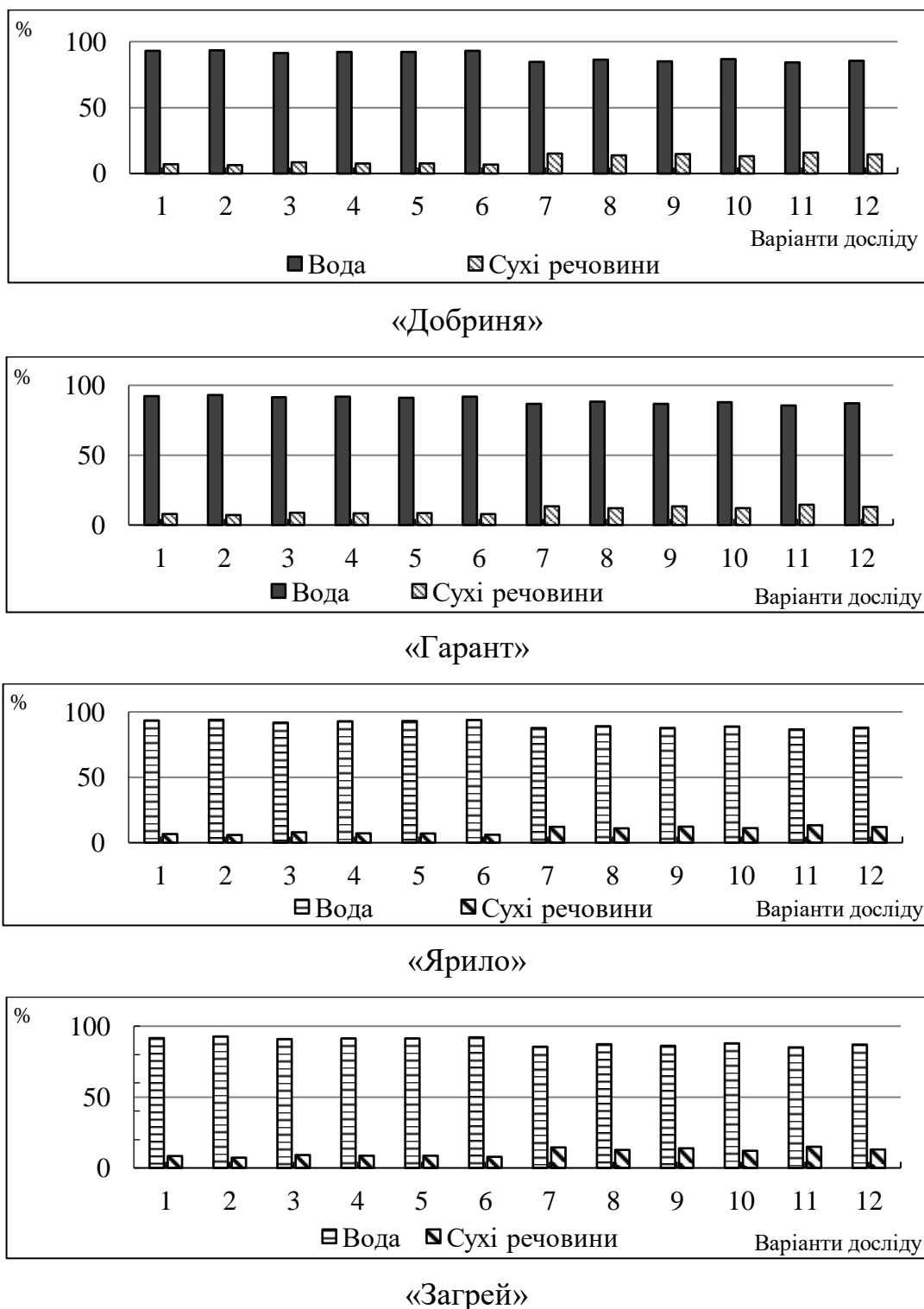


Рис. 5.1. Загальне обводнення і вміст сухих речовин у листках, пагонах мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)

У листках і пагонах мікроклонів, що культивували на структурованих поживних середовищах (сьомий–дванадцятий варіанти), обводнення тканин було найменшим і перебувало на рівні 84,2–86,8 % («Добриня») і 85,5–88,2 % («Гарант»).

Загальний вміст води у тканинах мікроклонів технічних сортів «Ярило» і «Загрей» контрольних варіантів дорівнював 93,4–93,9 %, 91,6–92,7 %; у тканинах мікроклонів, які культивували на поживних середовищах із біологічно активними препаратами, він дорівнював 91,8–93,8 % і 90,9–92,1 %. Загальний вміст води у тканинах листків і пагонів мікроклонів винограду, які культивували на структурованих поживних середовищах, дорівнював 84,2–86,8 % і 85,5–87,9 %.

Відносно контролю ці показники зменшувались на 0,4–1,6 % (поживні середовища з БАП), 3,7–8,8 % (структуровані поживні середовища) для підщепних сортів, на 0,1–1,6 %, 4,8–6,8 % для технічних сортів. Різниця між дослідними варіантами, де у складі поживних середовищ застосовували БАП (третій–шостий варіанти) та варіантами, де вносили мінеральні компоненти (сьомий–дванадцятий варіанти) дорівнювала 4,6–6,9 % (підщепні сорти) і 4,9–5,0 % (технічні сорти).

Суттєвої різниці за вмістом води у тканинах листків і пагонів мікроклонів винограду, які культивували на поживних середовищах із різним вмістом ІОК та 6-БАП, нами не встановлено.

*Вміст легкоутримуваної води.* Протягом років досліджень у листках і пагонах мікроклонів винограду визначали вміст легкоутримуваної води. Це рухома форма води, яка сприяє терморегулюванню, транспорту поживних речовин до клітин та органів.

Слід зазначити, що у першому–шостому варіантах цей показник був практично на одному рівні – 41,8–42,4 %, 44,4–45,0 %, 40,1–40,4 %, 41,4–41,8 %. Достовірної різниці між цими варіантами відзначено не було (рис. 5.2).

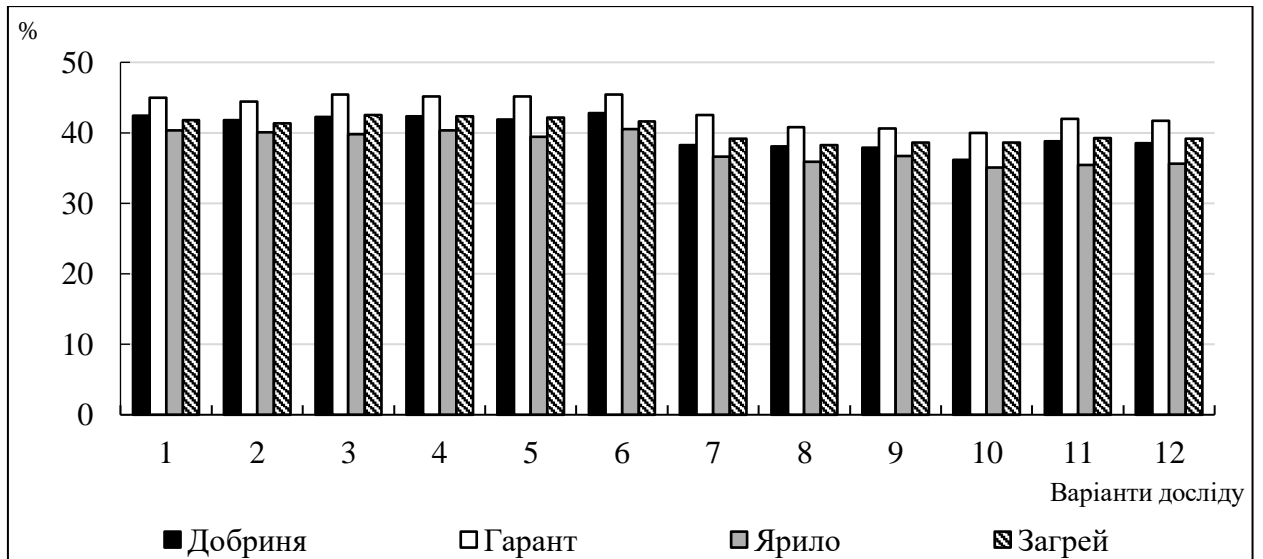


Рис. 5.2. Вміст легкоутримуваної води у листках і пагонах мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)

При культивуванні мікроклонів винограду на структурованих поживних середовищах вміст легкоутримуваної води зменшувався. У мікроклонів «Добрина» та «Гарант» на 3,3–5,7 % і 2,5–4,4 %, у мікроклонів «Ярило» та «Загрей» на 3,7–5,1 % і 2,2–3,1 % порівняно з контрольними варіантами.

Порівняння вмісту легкоутримуваної води у тканинах мікроклонів винограду за фітогормональним складом показало, що рослини винограду, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,3 мг/л, 6-БАП – 0,2 мг/л), мали більший вміст легкоутримуваної води порівняно з мікроклонами винограду, що культивували на поживних середовищах із більшим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,6 мг/л, 6-БАП – 0,5 мг/л). Таке збільшення знаходилось у межах 0,1–0,5 %.

Водоутримувальна здатність. Водоутримувальна здатність – це показник, який характеризує втрату води вегетативними органами рослин за певний проміжок часу. У технології розмноження винограду *in vitro* він важливий з точки зору переведення рослин у неконтрольовані умови *in vivo* та їх приживлюваності. Чим більшою буде водоутримувальна здатність листків та пагонів мікроклонів винограду на вказаному етапі, тим кращою буде їх приживлюваність.

Аналіз динаміки втрати води листками та пагонами мікроклонів винограду *in vitro* підщепних і технічних сортів, які культивували на поживних середовищах контрольних варіантів показав, що для сортів «Добриня» і «Гарант» кількість випаровуваної води складала для першого варіанту – через 5 хв – 0,008 і 0,009 г, 10 хв – 0,015 і 0,009 г, 15 хв – 0,024 і 0,015 г, 20 хв – 0,037 і 0,039 г, 30 хв – 0,056 г, 60 хв – 0,086 і 0,100 г, а для контролю 2 – через 5 хв – 0,007 і 0,008 г, 10 хв – 0,009 і 0,008 г, 15 хв – 0,011 і 0,010 г, 20 хв – 0,028 і 0,020 г, 30 хв – 0,047 і 0,042 г, 60 хв – 0,072 і 0,080 г. Для сортів «Ярило» і «Загрей» цей показник дорівнював через 5 хв – 0,008 і 0,007 г, 10 хв – 0,010 і 0,009 г, 15 хв – 0,023 і 0,013 г, 20 хв – 0,046 і 0,022 г, 30 хв – 0,068 і 0,042 г, 60 хв – 0,125 і 0,061 г, а для контролю 2 – через 5 хв – 0,005 г, 10 хв – 0,008 г, 15 хв – 0,010 і 0,009 г, 20 хв – 0,0249 і 0,011 г, 30 хв – 0,047 і 0,022 г, 60 хв – 0,078 і 0,042 г (рис. 5.3).

У тканинах рослин *in vitro*, культивованих на структурованих поживних середовищах із агроперлітом, вермикулітом та їх сумішшю (сьомий–дванадцятий варіанти) ці показники зменшувались по відношенню до контрольних значень (перший, другий варіанти). Так, мікроклони винограду підщепних сортів втрачали в середньому протягом 60 хв – 0,005–0,068 г (сьомий варіант), 0,004–0,049 г (восьмий варіант), 0,005–0,060 г (дев'ятий варіант), 0,004–0,048 г (десятий варіант), 0,004–0,053 г (одинадцятий варіант), 0,004–0,047 г (дванадцятий варіант). Ці показники були нижчими від контрольних у середньому на 32,5–58,3 % (сьомий, дев'ятий, одинадцятий варіанти) і 30,4–53,7 % (восьмий, десятий, дванадцятий варіанти) (через 5 хв), 21,1–46,3 % і 21,7–56,0 % (через 10 хв), 36,0–52,2 % і 8,5–32,3 % (через 15 хв), 7,8–57,4 % і 17,5–54,3 % (через 20 хв), 13,8–47,2 % і 18,3–51,4 % (через 30 хв), 15,6–45,9 % і 28,0–47,7 % (через 60 хв).

Мікроклони винограду технічних сортів втрачали відповідно протягом 60 хв – 0,006–0,059 г (сьомий варіант), 0,005–0,035 г (восьмий варіант), 0,006–0,042 г (дев'ятий варіант), 0,005–0,024 г (десятий варіант), 0,006–0,030 г (одинадцятий варіант), 0,005–0,013 г (дванадцятий варіант).

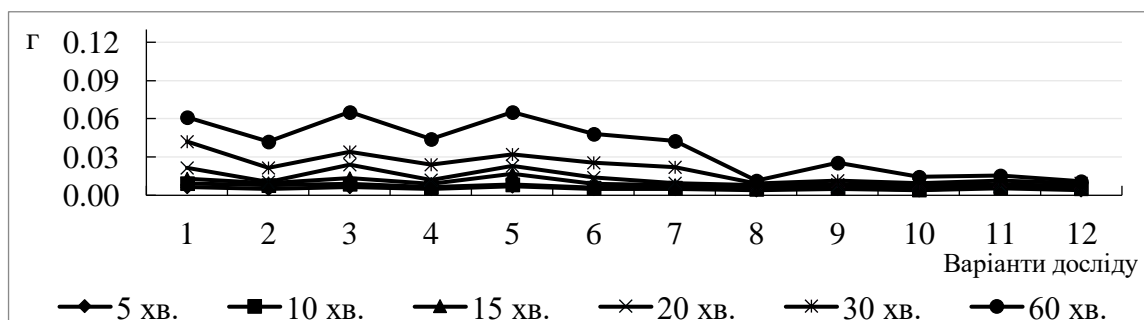
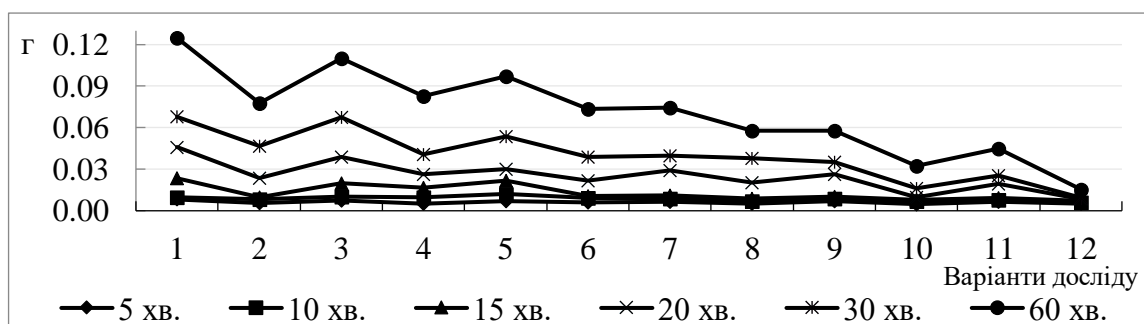
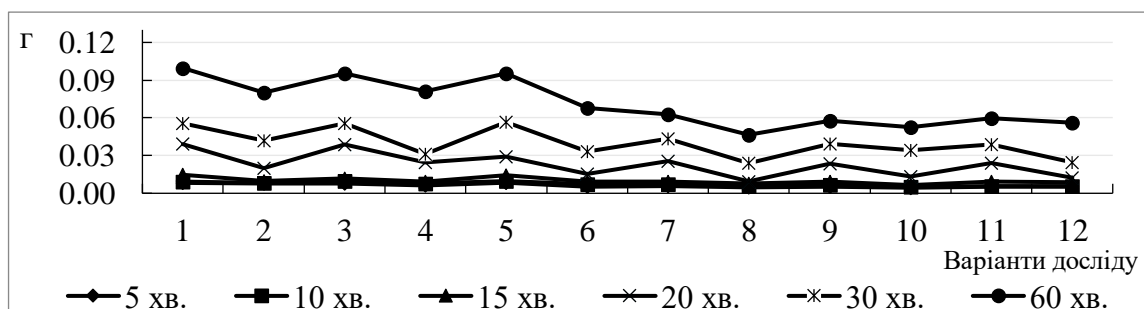
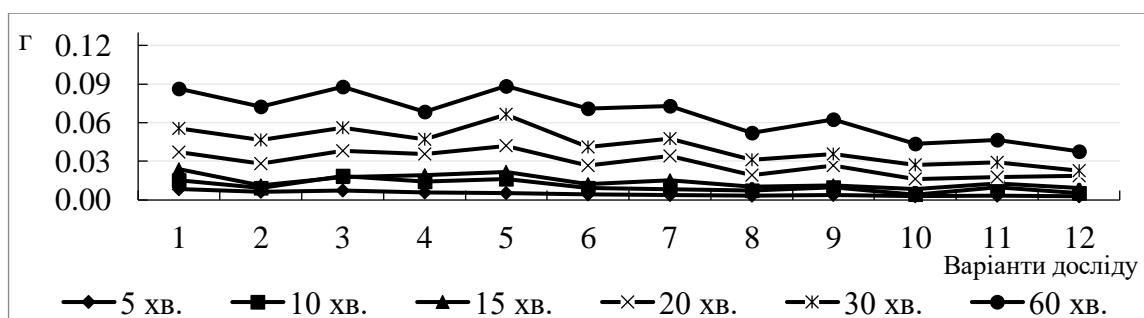


Рис. 5.3. Динаміка втрати води мікроклонами винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)

Ці показники були нижчими від контрольних у середньому на 16,6–26,4 % (сьомий, дев'ятий, одинадцятий варіанти) і 6,1–22,9 % (восьмий, десятий,

дванадцятий варіанти) (через 5 хв), 10,7–36,6 % і 14,6–46,8 % (через 10 хв), 37,6–60,4 % і 11,6–36,2 % (через 15 хв), 32,5–63,9 % і 13,6–63,3 % (через 20 хв), 46,1–73,0 % і 18,7–79,8 % (через 30 хв), 30,4–74,5 % і 25,7–80,1 % (через 60 хв).

У мікроклонів винограду на поживних середовищах із препаратами Clonex gel та Радіфарм (третій–шостий варіанти) – показник втрати води був на рівні контролю. Рослини цих варіантів через 5–60 хв втрачали 0,007–0,088 г (третій варіант), 0,006–0,069 г (четвертий варіант), 0,006–0,088 г (п'ятий варіант), 0,005–0,071 г води (шостий варіант) (сорт «Добриня»), 0,008–0,096 г, 0,006–0,081 г, 0,008–0,095 г, 0,005–0,068 г води (сорт «Гарант») та 0,008–0,110 г, 0,005–0,083 г, 0,007–0,097 г, 0,006–0,074 г води (сорт «Ярило»), 0,006–0,065 г, 0,007–0,044 г, 0,007–0,065 г, 0,005–0,048 г води (сорт «Загрей»).

Порівняння показників водоутримувальної здатності у тканинах мікроклонів винограду за фітогормональним складом показало, що рослини винограду, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,3 мг/л, 6-БАП – 0,2 мг/л), мали вищу водоутримувальну здатність порівняно з мікроклонами винограду, що культивували на поживних середовищах із більшим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,6 мг/л, 6-БАП – 0,5 мг/л). Збільшення водоутримувальної здатності досягало 19,1 % (через 5 хв), 36,0 % (через 10 хв), 30,7 % (через 15 хв), 26,1 % (через 20 хв), 25,6 % (через 30 хв), 22,5 % (через 60 хв) для сорту «Добриня»; 14,3 % (через 5 хв), 12,5 % (через 10 хв), 27,3 % (через 15 хв), 46,7 % (через 20 хв), 33,3 % (через 30 хв), 19,0 % (через 60 хв) для сорту «Гарант»; 25,3 % (через 5 хв), 17,6 % (через 10 хв), 36,1 % (через 15 хв), 41,8 % (через 20 хв), 34,2 % (через 30 хв), 33,3 % (через 60 хв) для сорту «Ярило»; 21,7 % (через 5 хв), 20,3 % (через 10 хв), 31,0 % (через 15 хв), 37,1 % (через 20 хв), 35,2 % (через 30 хв), 37,8 % (через 60 хв) для сорту «Загрей».

Отже, наведені результати дослідження свідчать про те, що водоутримувальна здатність тканин мікроклонів винограду на структурованих поживних середовищах була найбільшою, що свідчить про

потенційно більшу стійкість цих мікроклонів у змінних умовах.

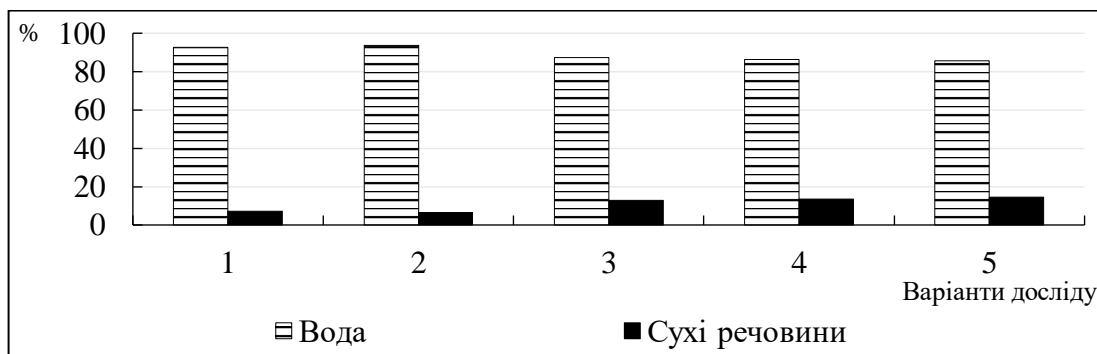
Вміст сухих речовин. В умовах *in vitro* накопичення сухих речовин свідчить про ефективний перебіг обмінних процесів і стабільний ріст рослин, що забезпечує їх кращу адаптацію до умов *in vivo* [40].

Результати нашого дослідження показали, що кількість сухих речовин у вегетативній надземній масі мікроклонів контрольних варіантів була меншою за показники дослідних варіантів. Вона дорівнювала для мікроклонів сортів «Добриня» – 6,4–7,1 %, «Гарант» – 7,2–7,9 %, «Ярило» – 5,9–6,6 %, «Загрей» – 7,3–8,4 % (рис. 5.1).

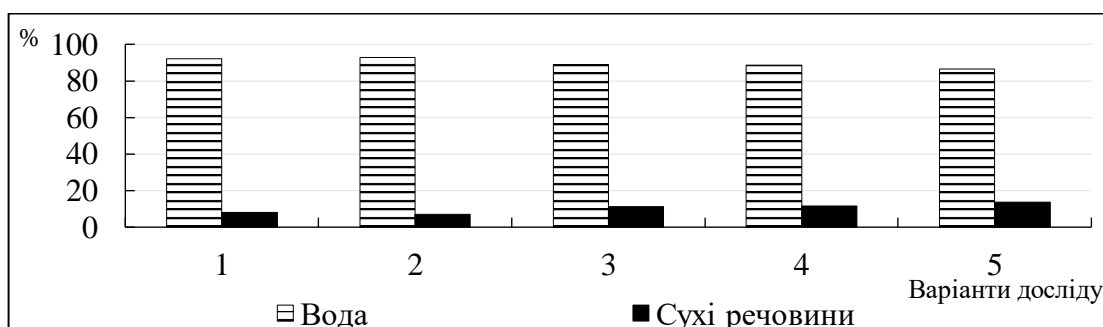
Найбільше сухих речовин синтезувалось у тканинах мікроклонів, які культивували на структурованих поживних середовищах, із меншим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,3 мг/л, 6-БАП – 0,2 мг/л). Їх кількість збільшувалась відносно контролю на 7,7–8,8 %, 5,5–6,6 % (підщепні сорти) і 5,5–6,7 %, 5,5–6,5 % (технічні сорти) і дорівнювала у середньому 13,4–15,8 % та 12,1–14,9 %.

У тканинах мікроклонів, які культивували на поживних середовищах MS + БАП, вміст сухих речовин був більшим за контроль на 0,4–1,5 % і 0,6–1,2 %, на 0,2–1,3 % і 0,2–1,4 % і дорівнював 6,8–8,5 % і 6,1–9,1 %.

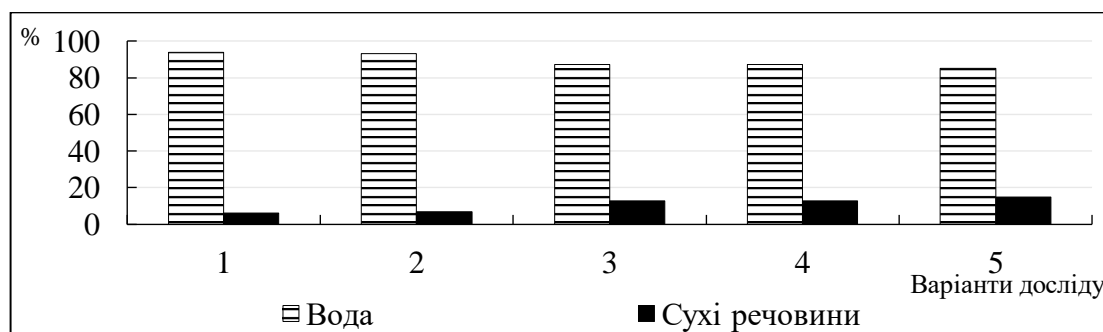
Поживні субстрати. Загальне обводнення. Проведення обліку показників водного режиму мікроклонів винограду на поживних мінеральних субстратах показало зменшення вмісту загальної кількості води (обводнення) порівняно з усіма варіантами, де використовували агаризовані поживні середовища MS (з БАП та структурованими). Мікроклони винограду у контролях (перший, другий варіанти) характеризувалися найбільшим рівнем обводнення (рис. 5.4). Так, у тканинах мікроклонів винограду підщепних сортів контрольних варіантів загальний вміст води дорівнював 92,7–93,6 % та 92,1–92,8 %; у тканинах мікроклонів, які культивували на агроперліті (третій варіант) вміст води дорівнював 87,2 та 88,9 %; у тканинах мікроклонів, які культивували на вермикуліті (четвертий варіант) – 86,4 та 88,5 %; у тканинах мікроклонів, які культивували на субстраті агроперліт + вермикуліт (п'ятий варіант) – 85,6 та 86,4 %.



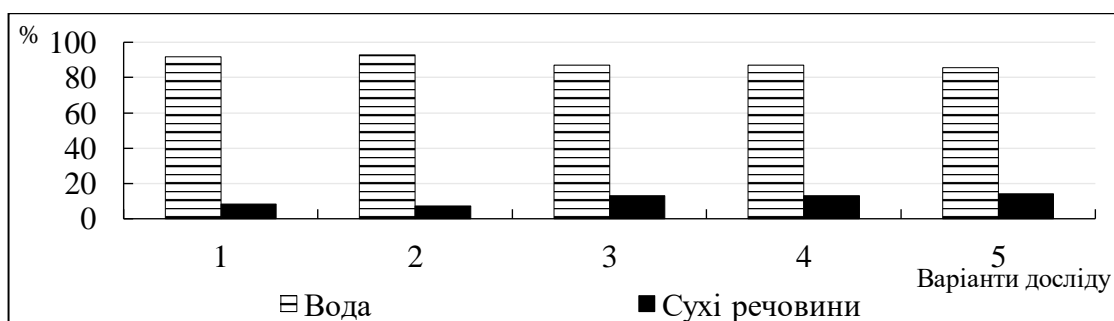
«Добриня»



«Гарант»



«Ярило»



«Загрей»

Рис. 5.4. Загальне обводнення і вміст сухих речовин у листках, пагонах мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)

У тканинах мікроклонів винограду технічних сортів контрольних варіантів загальний вміст води дорівнював 93,1–93,8 %, 91,6–92,7 %; у тканинах мікроклонів винограду, які культивували на поживних субстратах, вміст води дорівнював 87,0 % для обох сортів (агроперліт), 87,3 % і 86,9 % (вермикуліт), 85,0 % і 85,8 % (агроперліт + вермикуліт).

Відповідно, показники обводнення у рослин дослідних варіантів порівняно з контролями зменшувались на 3,5–6,0 % (агроперліт), 3,9–6,7 % (вермикуліт), 6,1–7,6 % (агроперліт + вермикуліт) для підщепних сортів та на 5,2–6,4 %, 5,3–6,2 %, 6,4–8,5 % для технічних сортів.

Вміст легкоутримуваної води. У результаті експериментальних визначень було встановлено, що вміст легкоутримуваної води в клітинних структурах мікроклонів винограду змінювався залежно від використаного для культивування субстрату.

Так, у мікроклонів підщепних сортів, які культивували на агроперліті, вміст легкоутримуючої води дорівнював 39,5 % та 36,1 %, що було менше контрольних значень на 2,9–4,1 % (відносно першого варіанту) та 2,3–2,9 % (відносно другого варіанту). У контролі 1 цей показник дорівнював 42,4 та 40,2 % і у контролі 2 відповідно 41,8 та 39,0 % (рис. 5.5).

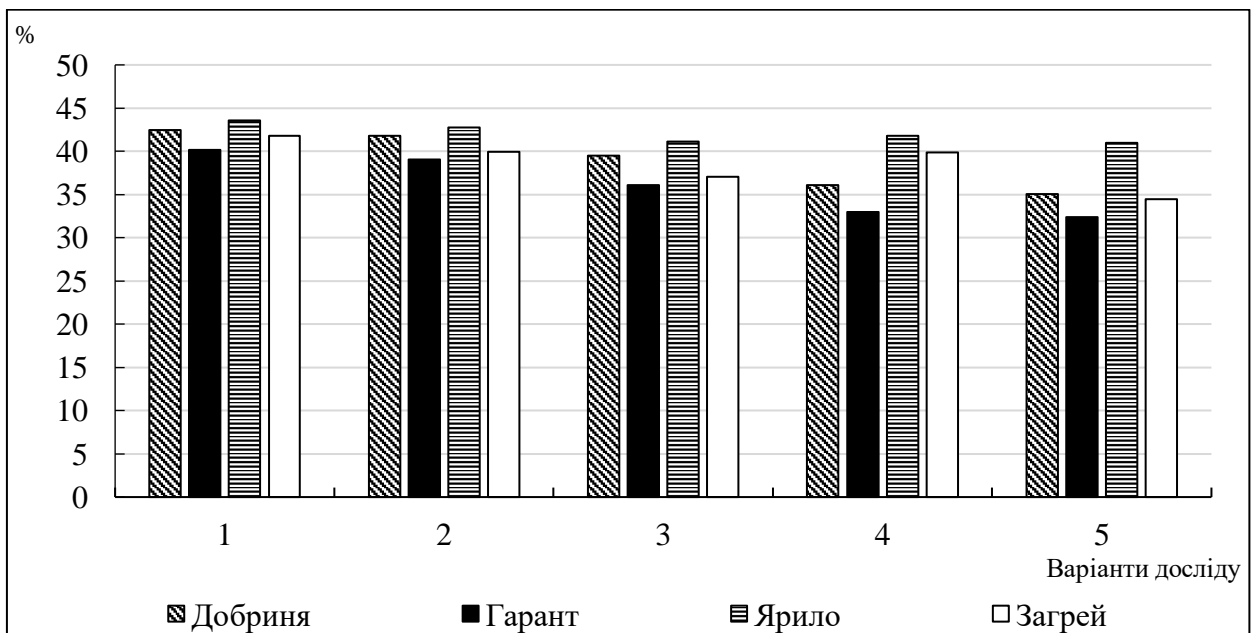


Рис. 5.5. Вміст легкоутримуваної води у листках і пагонах мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)

Для технічних сортів показник у контролі становив 41,8–43,6 % і 40,0–42,8 %, що було більше порівняно зі значеннями показника легкоутримуваної води у рослин, які культивували на агроперліті, відповідно на 2,4–4,7 % і 1,6–2,9 %. У мікроклонів, які культивували на вермикуліті, цей показник дорівнював 33,0–36,1 % (підщепні сорти) і 39,9–41,8 % (технічні сорти), що було менше контрольних значень на 5,7–6,3 % («Добриня») і 6,0–7,2 % («Гарант»), 1,0–1,8 % («Ярило») і 0,1–1,9 % («Загрей»).

У мікроклонів, які культивували на суміші субстратів агроперліт + вермикуліт (1:1) – цей показник дорівнював відповідно 35,0–32,4 % і 41,0–34,5 %, що було менше контрольних значень на 6,8–7,4 % і 6,6–7,8 % (підщепні сорти), 1,8–2,6 % і 5,5–7,3 % (технічні сорти).

Водоутримувальна здатність. Після 60 діб культивування мікроклонів винограду на мінеральних субстратах так само визначали показники водоутримувальної здатності вегетативної надземної маси. Згідно отриманих результатів встановлено, що водоутримувальна здатність листків та пагонів мікроклонів винограду на мінеральних субстратах була вищою за контрольні значення і може вказувати на вищий адаптаційний потенціал рослин в умовах *in vivo* (рис. 5.6).

Аналіз динаміки втрати води листками та пагонами мікроклонів винограду сорту «Добриня» у контрольних варіантах показав, що кількість випаровуваної води коливалась від 0,008 г через 5 хв до 0,080 г через 60 хв (перший варіант), від 0,006 г через 5 хв до 0,076 г через 60 хв (другий варіант); для сорту «Гарант» відповідно – від 0,008 г через 5 хв до 0,101 г через 60 хв, від 0,008 г через 5 хв до 0,075 г через 60 хв. У сорту «Ярило» випаровувалось води від 0,007 г через 5 хв до 0,123 г через 60 хв, від 0,005 г через 5 хв до 0,079 г через 60 хв; для сорту «Загрей» втрати води складали від 0,006 г через 5 хв до 0,062 г через 60 хв, від 0,005 г через 5 хв до 0,042 г через 60 хв.

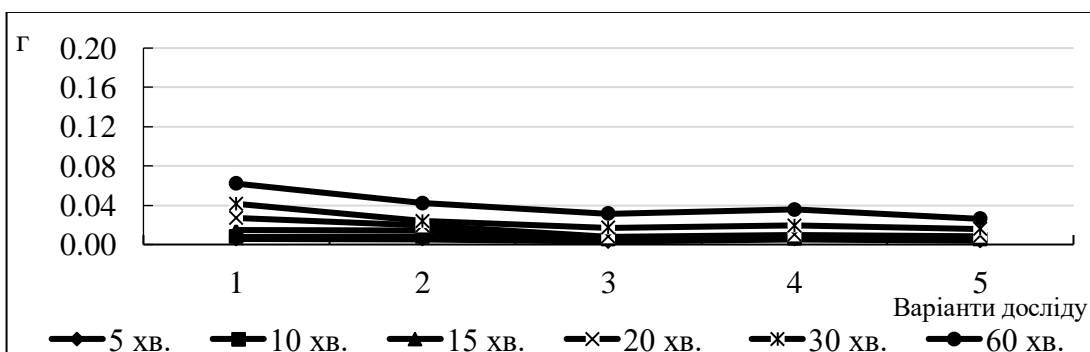
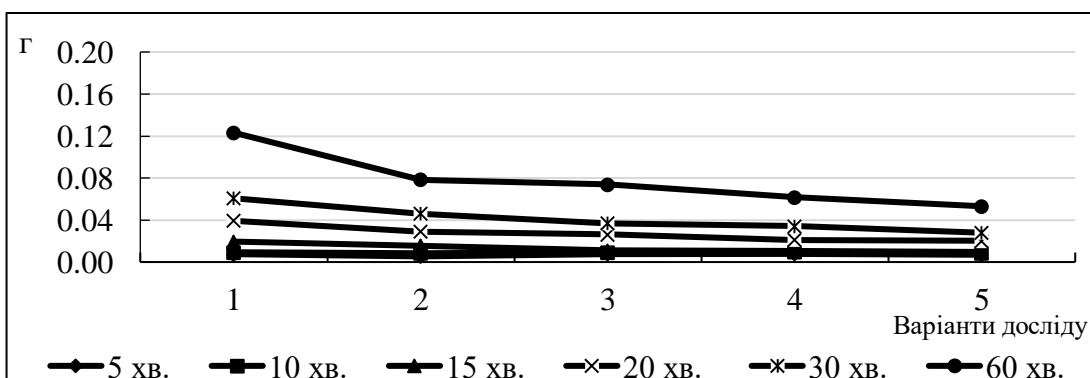
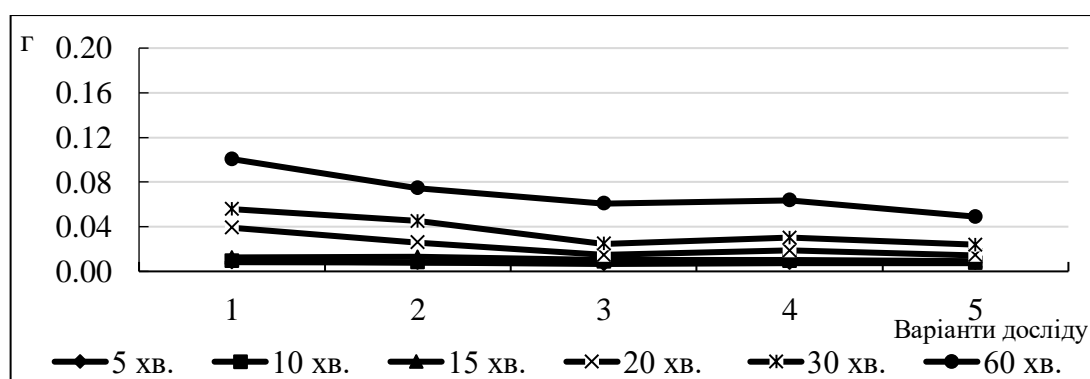
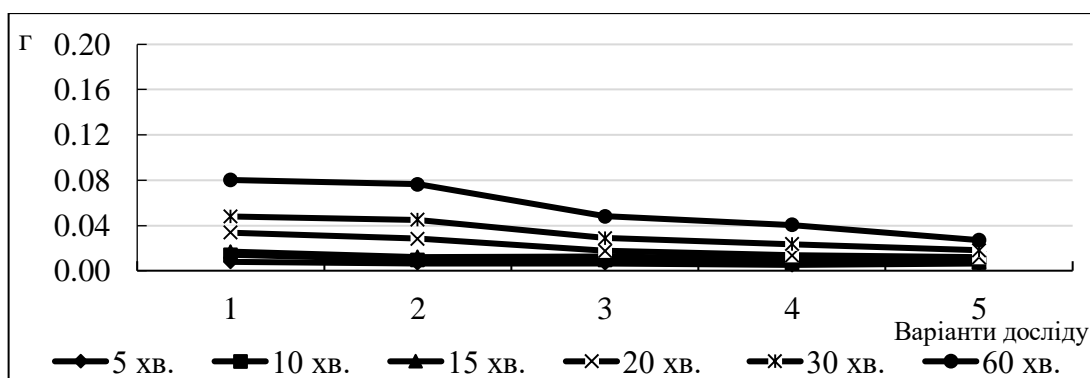


Рис. 5.6. Динаміка втрати води мікроклонами винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)

Мікроклони винограду підщепних сортів, які культивували на поживних субстратах агроперліт, вермикуліт, агроперліт + вермикуліт (третій–п'ятий варіанти), за проміжок часу від 5 до 60 хв підсушування випаровували від 0,007 до 0,055 г (третій варіант), від 0,006 до 0,052 г (четвертий варіант), від 0,007 до 0,038 г (п'ятий варіант).

Мікроклони винограду технічних сортів через вказані проміжки часу випаровували відповідно 0,005–0,053 г, 0,007–0,049 г, 0,005–0,040 г. Порівняно з контролем в середньому це в 1,1–2,4 раза (підщепні сорти) та в 1,4–2,2 раза (технічні сорти) менше.

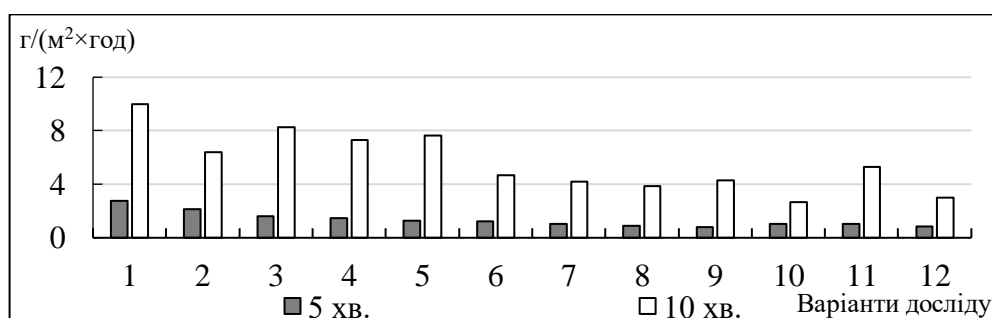
*Вміст сухих речовин.* У листках і пагонах мікроклонів винограду після культивування на мінеральних субстратах вміст сухих речовин у підщепних і технічних сортів становив: 11,1–13,0 % на агроперліті, 11,5–13,6 % на вермикуліті та 13,6–15,0 % на суміші агроперліт + вермикуліт. Порівняно з контролем ці показники збільшилися відповідно на 3,5–6,4 %, 3,9–6,7 % і 6,1–8,5 %.

### 5.1.2. Інтенсивність транспірації

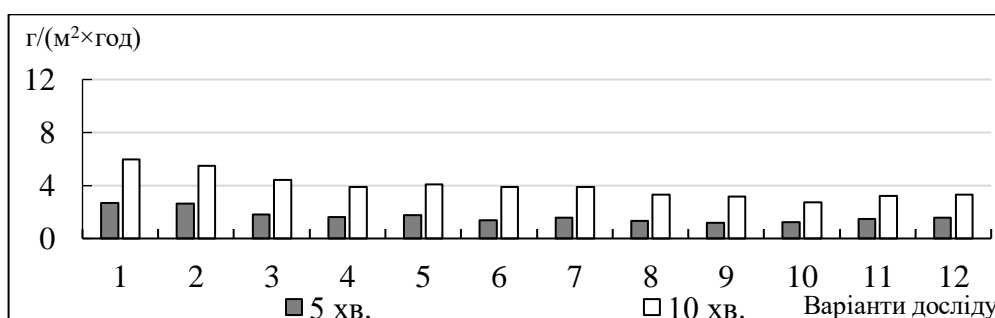
*Поживні середовища. Інтенсивність транспірації вегетативної надземної маси.* Транспірація – це процес випаровування води з поверхні рослини, переважно через прорихи, а також кутикулу. Інтенсивність транспірації (швидкість випаровування води з площі поверхні листка за одиницю часу) залежить від багатьох факторів, у т. ч. температури, освітлення, водопостачання тощо.

Визначення інтенсивності транспірації вегетативної надземної маси показало, що найбільших значень вона набувала у рослин контрольних варіантів (перший, другий варіанти) через 5 і 10 хв – 2,8 і 10,0 г/(м<sup>2</sup>×год); 2,2 і 6,4 г/(м<sup>2</sup>×год) («Добриня»), 2,7 і 6,0 г/(м<sup>2</sup>×год); 2,6 і 5,5 г/(м<sup>2</sup>×год) («Гарант»), 2,6 і 6,8 г/(м<sup>2</sup>×год); 1,9 і 5,9 г/(м<sup>2</sup>×год) («Ярило»), 2,1 і 5,9 г/(м<sup>2</sup>×год); 1,9 і 5,8 г/(м<sup>2</sup>×год) («Загрей»). У мікроклонів винограду сорту «Добриня» третього–

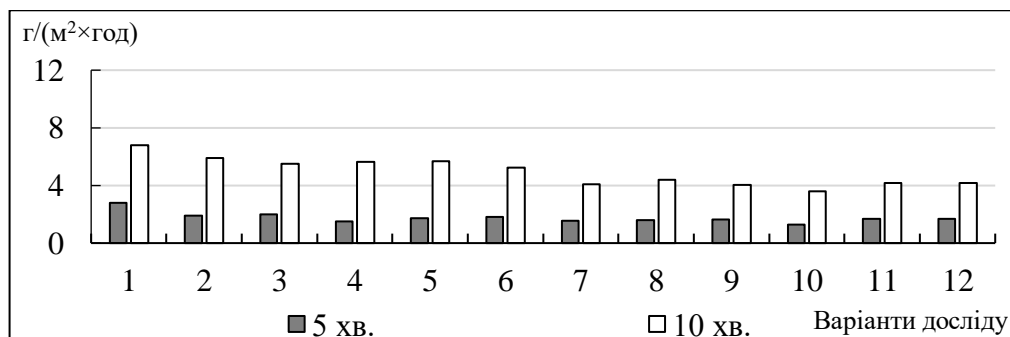
шостого варіантів (застосування БАП) інтенсивність транспірації досягала через 5 і 10 хв – 1,6 і 8,3 г/(м<sup>2</sup>×год), 1,5 і 7,3 г/(м<sup>2</sup>×год), 1,3 і 7,7 г/(м<sup>2</sup>×год), 1,2 і 4,7 г/(м<sup>2</sup>×год) (рис. 5.7).



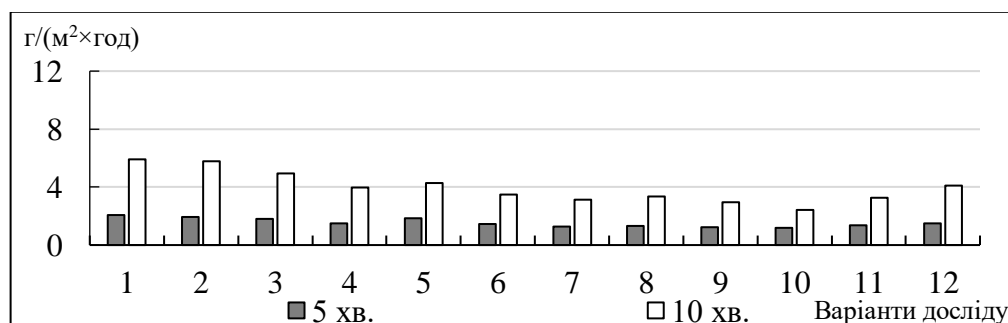
«Добриня»



«Гарант»



«Ярило»



«Загрей»

Рис. 5.7. Інтенсивність транспірації мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)

У мікроклонів винограду сорту «Гарант» – відповідно 1,8 і 4,4 г/(м<sup>2</sup>×год), 1,6 і 3,9 г/(м<sup>2</sup>×год), 1,8 і 4,1 г/(м<sup>2</sup>×год), 1,4 і 3,9 г/(м<sup>2</sup>×год).

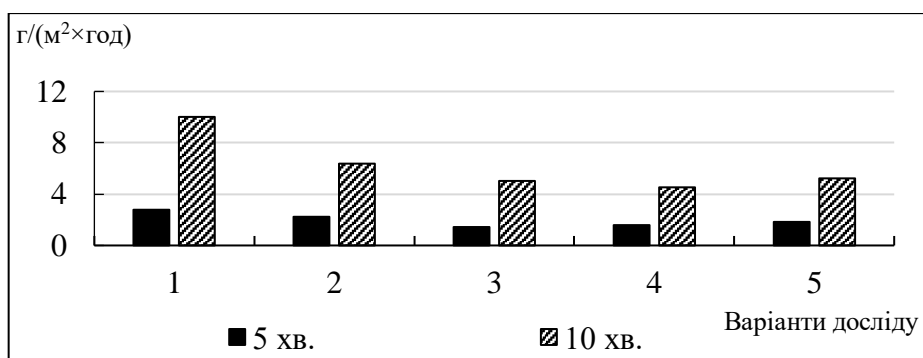
Для мікроклонів сортів «Ярило» і «Загрей», які культивували на структурованих поживних середовищах, було встановлено зменшення інтенсивності транспірації, як порівняно з контролями, так і порівняно з варіантами, де застосовували БАП.

Інтенсивність транспірації мікроклонів винограду у варіантах, де вміст фітогормонів у поживному середовищі MS був меншим (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК), загалом збільшувалась (була більшою) у середньому на 7,8–11,1 % (через 5 хв) та на 9,2–29,7 % (через 10 хв) (підщепні сорти), на 7,0–14,1 % і 4,6–4,9 % (через 5 і 10 хв) (технічні сорти) відносно варіантів з більшим вмістом фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК).

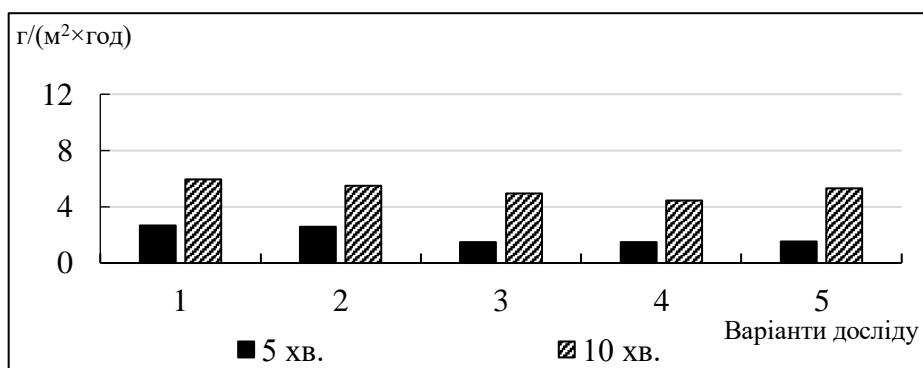
*Поживні субстрати.* Встановлено, що після культивування мікроклонів винограду на поживних мінеральних субстратах показник інтенсивності транспірації вегетативної надземної маси був меншим порівняно з контролями. Інтенсивність транспірації мікроклонів контрольних варіантів підщепних сортів через 5 хв дорівнювала 2,2–2,8 г/(м<sup>2</sup>×год), через 10 хв – 5,5–10,0 г/(м<sup>2</sup>×год); для технічних сортів – 1,9–2,8 г/(м<sup>2</sup>×год), 5,8–6,8 г/(м<sup>2</sup>×год).

Інтенсивність транспірації вегетативної надземної маси у мікроклонів винограду на мінеральних субстратах зменшувалась на 42,5 % («Добриня»), 43,1 % («Гарант») через 5 хв; 38,5 %, 13,5 % через 10 хв (агроперліт); на 36,3 %, 42,9 % через 5 хв; на 45,1 %, 22,4 % через 10 хв (вермикуліт); на 26,4 %, 42,0 % через 5 хв; на 36,0 %, 7,5 % через 10 хв (рис. 5.8).

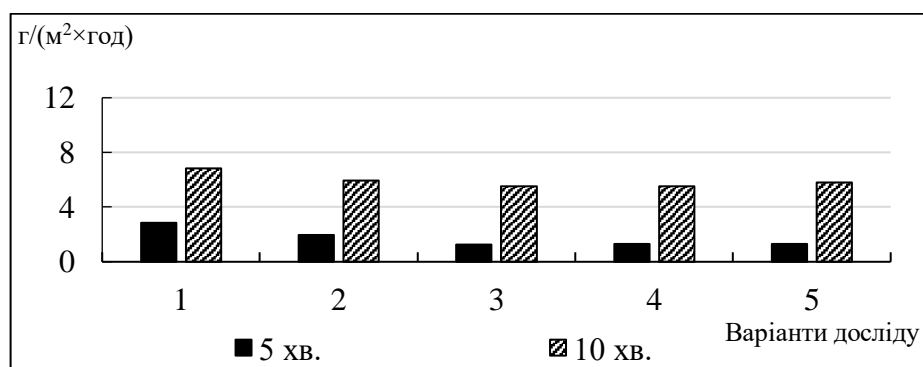
Для рослин винограду технічних сортів, культивованих на поживних мінеральних субстратах, інтенсивність транспірації зменшувалась відповідно на 47,1 %, 11,9 % (5 хв); на 13,2 %, 20,9 % (10 хв) (агроперліт); на 44,9 %, 10,3 %; на 13,7 %, 13,8 % (вермикуліт); на 44,4 %, 9,4 %; на 9,3 %, 4,5 % (агроперліт + вермикуліт) відносно контролю.



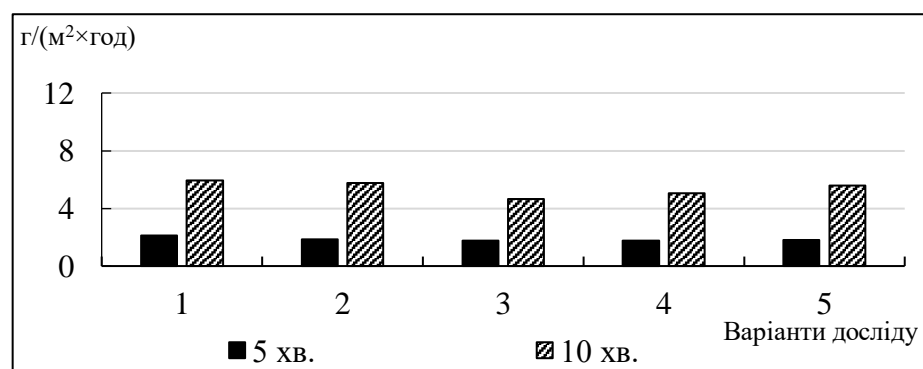
«Добриня»



«Гарант»



«Ярило»



«Загрей»

Рис. 5.8. Інтенсивність транспірації мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)

### 5.1.3. Пігментний комплекс листків та пагонів

*Поживні середовища.* У рослин пігменти виконують важливі функції, зокрема, абсорбують світлову енергію для фотосинтезу, забезпечують специфічні спектральні характеристики, що дозволяють визначити їх за допомогою аналізу спектрів поглинання і флуоресценції. Вони локалізовані в тилакоїдах хлоропластів, де взаємодіють із мембранними білками і ліпідами, що є ключовим для ефективного функціонування фотосинтетичного апарату рослин [40].

Пігменти мають важливе значення для адаптації рослин *in vitro* до умов *in vivo*, забезпечуючи оптимальне функціонування фотосинтетичного апарату та захист від стресів під час переходу в умови *in vivo*. Вони сприяють ефективній адаптації рослин, змінюючи вміст і співвідношення хлорофілів та каротиноїдів відповідно до світлових умов, що є критичним для успішного росту рослин у природному середовищі [36].

Хлорофіли (*a* і *b*) є основними фотосинтетичними пігментами, що відповідають за поглинання світла та перетворення його в хімічну енергію під час фотосинтезу. Вони забезпечують рослинам винограду енергію, необхідну для росту і розвитку, особливо в умовах обмеженого доступу до ресурсів або інших стресових факторів [40]. Каротиноїди виконують різноманітні функції, включаючи захист від шкідливого впливу світла і підтримку структури фотосинтетичних систем [40].

*Листки.* У процесі роботи в тканинах листків і пагонів мікроклонів винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило», «Загрей» ми визначали вміст хлорофілів та каротиноїдів (табл. 5.1). Було встановлено, що у листках мікроклонів контрольних варіантів синтезувалося у середньому 0,91–1,44 мг/г вологої маси хлорофілу *a* у підщепних сортів та 1,12–1,41 мг/г вологої маси – у технічних сортів. Найбільше хлорофілу *a* синтезувалося в середньому у листках мікроклонів у сьомому, восьмому, дев'ятому та одинадцятому варіантах у підщепних і технічних сортів.

Таблиця 5.1

**Вміст пігментів у тканинах листків мікроклонів винограду на різних  
типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)**

| Варіанти<br>дослідю | chl <i>a</i>      | chl <i>b</i> | chl <i>a</i> + chl <i>b</i> | Каротиноїди |
|---------------------|-------------------|--------------|-----------------------------|-------------|
|                     | мг/г вологої маси |              |                             |             |
| 1                   | 2                 | 3            | 4                           | 5           |
| <b>«Добриня»</b>    |                   |              |                             |             |
| 1                   | 1,44±0,07         | 0,37±0,02    | 1,81±0,06                   | 0,37±0,01   |
| 2                   | 1,39±0,08         | 0,29±0,01    | 1,68±0,08                   | 0,32±0,01   |
| 3                   | 1,55±0,05         | 0,43±0,04    | 1,98±0,09                   | 0,43±0,03   |
| 4                   | 1,41±0,07         | 0,33±0,05    | 1,75±0,09                   | 0,37±0,02   |
| 5                   | 1,44±0,07         | 0,53±0,06    | 1,97±0,08                   | 0,39±0,03   |
| 6                   | 1,39±0,04         | 0,51±0,07    | 1,89±0,07                   | 0,45±0,03   |
| 7                   | 2,43±0,03         | 0,83±0,07    | 3,26±0,09                   | 0,48±0,02   |
| 8                   | 2,40±0,04         | 0,73±0,06    | 3,13±0,09                   | 0,43±0,02   |
| 9                   | 2,13±0,05         | 0,67±0,05    | 2,80±0,07                   | 0,56±0,03   |
| 10                  | 1,90±0,03         | 0,62±0,05    | 2,52±0,06                   | 0,52±0,03   |
| 11                  | 1,71±0,09         | 0,59±0,06    | 2,30±0,06                   | 0,61±0,04   |
| 12                  | 1,64±0,08         | 0,53±0,04    | 2,17±0,05                   | 0,54±0,03   |
| <b>«Гарант»</b>     |                   |              |                             |             |
| 1                   | 1,00±0,04         | 0,28±0,01    | 1,28±0,07                   | 0,25±0,01   |
| 2                   | 0,91±0,02         | 0,25±0,01    | 1,16±0,06                   | 0,23±0,02   |
| 3                   | 1,15±0,01         | 0,31±0,02    | 1,46±0,08                   | 0,37±0,02   |
| 4                   | 1,12±0,02         | 0,33±0,02    | 1,45±0,08                   | 0,31±0,01   |
| 5                   | 1,08±0,03         | 0,38±0,01    | 1,46±0,05                   | 0,33±0,02   |
| 6                   | 1,07±0,03         | 0,34±0,03    | 1,41±0,06                   | 0,28±0,02   |
| 7                   | 1,69±0,04         | 0,66±0,05    | 2,35±0,09                   | 0,47±0,03   |
| 8                   | 1,65±0,05         | 0,63±0,06    | 2,28±0,09                   | 0,42±0,02   |
| 9                   | 1,62±0,04         | 0,61±0,05    | 2,23±0,09                   | 0,50±0,03   |
| 10                  | 1,43±0,06         | 0,60±0,06    | 2,03±0,08                   | 0,48±0,01   |
| 11                  | 1,60±0,04         | 0,61±0,04    | 2,21±0,09                   | 0,44±0,01   |
| 12                  | 1,56±0,04         | 0,60±0,04    | 2,16±0,07                   | 0,36±0,01   |
| <b>«Ярило»</b>      |                   |              |                             |             |
| 1                   | 1,41±0,06         | 0,41±0,03    | 1,82±0,06                   | 0,33±0,02   |
| 2                   | 1,29±0,08         | 0,38±0,02    | 1,67±0,07                   | 0,30±0,01   |

Продовження табл. 5.1

| 1        | 2         | 3         | 4         | 5         |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3        | 1,71±0,09 | 0,46±0,03 | 2,17±0,08 | 0,40±0,03 |
| 4        | 1,63±0,05 | 0,44±0,04 | 2,07±0,08 | 0,34±0,02 |
| 5        | 1,78±0,06 | 0,53±0,04 | 2,31±0,09 | 0,46±0,03 |
| 6        | 1,65±0,07 | 0,47±0,05 | 2,12±0,06 | 0,43±0,02 |
| 7        | 2,07±0,09 | 0,66±0,05 | 2,73±0,07 | 0,53±0,03 |
| 8        | 1,84±0,07 | 0,65±0,06 | 2,49±0,05 | 0,53±0,03 |
| 9        | 1,96±0,08 | 0,59±0,05 | 2,55±0,06 | 0,50±0,01 |
| 10       | 1,83±0,08 | 0,55±0,04 | 2,38±0,04 | 0,54±0,03 |
| 11       | 2,33±0,09 | 0,67±0,05 | 3,00±0,09 | 0,66±0,04 |
| 12       | 1,91±0,05 | 0,61±0,04 | 2,52±0,06 | 0,58±0,02 |
| «Загрей» |           |           |           |           |
| 1        | 1,24±0,06 | 0,41±0,03 | 1,65±0,06 | 0,24±0,01 |
| 2        | 1,12±0,06 | 0,37±0,02 | 1,49±0,05 | 0,24±0,01 |
| 3        | 1,27±0,05 | 0,44±0,04 | 1,71±0,06 | 0,42±0,02 |
| 4        | 1,22±0,04 | 0,43±0,02 | 1,65±0,04 | 0,39±0,02 |
| 5        | 1,25±0,03 | 0,43±0,02 | 1,68±0,04 | 0,40±0,03 |
| 6        | 1,19±0,04 | 0,42±0,03 | 1,61±0,03 | 0,34±0,02 |
| 7        | 1,43±0,05 | 0,60±0,04 | 2,03±0,06 | 0,51±0,03 |
| 8        | 1,35±0,06 | 0,57±0,04 | 1,92±0,05 | 0,49±0,02 |
| 9        | 1,50±0,05 | 0,57±0,03 | 2,07±0,07 | 0,46±0,02 |
| 10       | 1,36±0,03 | 0,55±0,02 | 1,91±0,06 | 0,43±0,01 |
| 11       | 1,40±0,07 | 0,77±0,05 | 2,17±0,05 | 0,55±0,03 |
| 12       | 1,33±0,05 | 0,70±0,04 | 2,03±0,05 | 0,53±0,03 |

У тканинах листків мікроклонів винограду сьомого варіанту вміст хлорофілу *a* перевищував контрольні значення на 40,7 % («Добриня»), на 40,8 % («Гарант»), на 31,9 % («Ярило»), на 13,3 % («Загрей»). Для восьмого варіанту цей показник збільшувався на 42,1 %, 44,8 %, 29,9 %, 17,0 %, для дев'ятого – 32,4 %, 38,3 %, 28,1 %, 17,3 %, для одинадцятого – 15,8 %, 37,5 %, 39,5 %, 11,4 %. У середньому в тканинах листків мікроклонів винограду синтезувалося хлорофілу *a* – 1,43–2,43 мг/г вологої маси (сьомий варіант), 1,35–2,40 мг/г вологої маси (восьмий варіант), 1,50–2,13 мг/г вологої маси

(дев'ятий варіант), 1,40–2,33 мг/г вологої маси (одинадцятий варіант).

У тканинах листків мікроклонів винограду підщепних сортів, які культивували на поживних середовищах MS + БАП (Радіфарм, Clonex gel), вміст хлорофілу *a* збільшувався порівняно з контролем у середньому на 1,4–23,1 % та становив 1,39–1,55 мг/г вологої маси і 1,07–1,15 мг/г вологої маси. Для технічних сортів цей показник дорівнював 1,63–1,78 мг/г вологої маси і 1,19–1,27 мг/г вологої маси та збільшувався відносно контролю на 1,4–20,9 % і 0,8–21,8 %.

У рослин винограду підщепних і технічних сортів десятого, дванадцятого варіантів вміст хлорофілу *a* у тканинах листків збільшувався порівняно з контролями на 15,2–26,8 % і 36,4–41,7 %, 29,5–32,5 % і 15,8–17,6 %. Його вміст дорівнював у середньому 1,43–1,90 та 1,33–1,91 мг/г вологої маси.

Порівнюючи вміст хлорофілу *a* у тканинах листків і пагонів мікроклонів винограду залежно від фітогормонального складу середовища, встановлено, що у варіантах із меншим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП та 0,3 мг/л ІОК) його кількість зростала порівняно з варіантами, де концентрація фітогормонів була вищою (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК), на 5,6 % у сорту «Добриня», 5,2 % – «Гарант», 10,9 % – «Ярило» та 6,9 % – «Загрей».

Визначення вмісту хлорофілу *b* у листках мікроклонів винограду контрольних варіантів показало у середньому 0,25–0,37 мг/г вологої маси (підщепні сорти), 0,37–0,41 мг/г вологої маси (технічні сорти).

Найбільше хлорофілу *b* синтезувалось у листках мікроклонів, що культивували на поживних середовищах у сьомому, восьмому та одинадцятому варіантах. Вміст цих пігментів дорівнював для підщепних сортів – 0,59–0,83 мг/г вологої маси, для технічних сортів – 0,57–0,77 мг/г вологої маси, що було більшим за контрольні значення в середньому на 31,7–60,3 %.

У тканинах листків мікроклонів винограду, які культивували на

поживних середовищах у третьому–шостому варіантах, вміст хлорофілу *b* збільшувався, порівняно з контролем, на 12,1–43,1 % («Добриня»), на 9,7–26,5 % («Гарант»), на 10,9–22,6 % («Ярило»), на 4,7–14,0 % («Загрей») і дорівнював 0,31–0,53 мг/г вологої маси для підщепних сортів та 0,42–0,53 мг/г вологої маси для технічних сортів.

Вміст хлорофілу *b* у тканинах листків мікроклонів дев'ятого, десятого і дванадцятого варіантів збільшувався відносно контролю на 44,8–53,2 % («Добриня»), 54,1–58,3 % («Гарант»), 30,5–37,7 % («Ярило»), 28,1–47,1 % («Загрей»), і дорівнював 0,61–0,67 і 0,57–0,59 мг/г вологої маси (дев'ятий варіант), 0,60–0,62 і 0,55 мг/г вологої маси (десятий варіант), 0,53–0,60 і 0,61–0,70 мг/г вологої маси (дванадцятий варіант).

Порівняння вмісту хлорофілу *b* за варіантами, що відрізнялися різним вмістом фітогормонів, показало, що в тих варіантах, де у поживному середовищі було менше фітогормонів, вміст хлорофілу *b* збільшувався на 13,6 % («Добриня»), 3,6 % («Гарант»), 7,1 % («Ярило»), 5,9 % («Загрей»).

Проведений аналіз показав, що сума хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків мікроклонів винограду підщепних і технічних сортів контрольних варіантів дорівнювала 1,16–1,81 мг/г вологої маси (підщепні сорти) та 1,49–1,82 мг/г вологої маси (технічні сорти).

Найбільше хлорофілів синтезувалось у листках мікроклонів сьомого, восьмого, дев'ятого і дванадцятого варіантів. У підщепних сортів цих варіантів сума хлорофілів перевищувала контрольні значення на 22,6–46,3 % («Добриня») і 42,6–49,1 % («Гарант»), у технічних сортів – на 28,6–33,7 % («Ярило») і 18,7–26,6 % («Загрей»).

У тканинах листків мікроклонів винограду підщепних сортів, які культивували на поживних середовищах з БАП (третій–шостий варіанти), сума хлорофілів *a* і *b* дорівнювала 1,41–1,98 мг/г вологої маси для сортів «Добриня» і «Гарант», що перевищувало контрольні значення на 8,1–11,6 % («Добриня»), на 12,3–20,0 % («Гарант»). Для сортів «Ярило» і «Загрей» сума хлорофілів *a* і *b* дорівнювала 1,61–2,31 мг/г вологої маси та збільшувалась на

16,1–21,2 % і 1,8–9,7 % порівняно з контролем.

Показник суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків мікроклонів винограду підщепних і технічних сортів, які культивували на структурованих поживних середовищах, де вміст фітогормонів був більшим (десятий, дванадцятий варіанти), переважав контролі на 22,6–46,3 % і 22,0–33,7 % та дорівнював 2,17–2,52 мг/г вологої маси для сорту «Добриня», 2,03–2,16 мг/г вологої маси для сорту «Гарант», 2,38–2,52 мг/г вологої маси для сорту «Ярило», 1,91–2,03 мг/г вологої маси для сорту «Загрей».

У контрольних варіантах вміст каротиноїдів у листках мікроклонів винограду залишався на відносно низькому рівні й становив у середньому 0,23–0,37 мг/г вологої маси для підщепних сортів та 0,24–0,33 мг/г вологої маси для технічних сортів.

Найбільшу кількість каротиноїдів накопичували мікроклони, вирощені на структурованих поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (сьомий, восьмий, дев'ятий, одинадцятий варіанти). У цих умовах вміст пігментів зростав порівняно з контролем на 22,9–39,3 % у сорту «Добриня» та на 43,2–50,0 % у сорту «Гарант». Для технічних сортів цей показник збільшувався на 34,0–50,0 % у сорту «Ярило» та на 47,8–56,4 % у сорту «Загрей». У кількісному вираженні вміст каротиноїдів становив відповідно 0,43–0,61 мг/г вологої маси у сорту «Добриня», 0,42–0,50 мг/г вологої маси у сорту «Гарант», 0,50–0,66 мг/г вологої маси у сорту «Ярило» та 0,46–0,55 мг/г вологої маси у сорту «Загрей».

На поживних середовищах з БАП, порівняно з контролями, спостерігалось збільшення вмісту каротиноїдів у тканинах листків мікроклонів. Зокрема, у підщепних сортів воно було у межах 5,1–32,4 %, у технічних – 11,8–42,9 %. Абсолютні значення коливалися в межах 0,28–0,45 мг/г у підщепних сортів та 0,34–0,46 мг/г вологої маси у технічних.

В інших варіантах із використанням структурованих поживних середовищ (десятий, дванадцятий) у мікроклонів сортів «Добриня» та «Гарант» вміст каротиноїдів перевищував контроль на 38,5–40,7 % і 36,1–

52,1 %, у мікроклонів технічних сортів винограду – на 44,4–48,3 % («Ярило») і 44,2–54,7 % («Загрей») відповідно.

Порівняння варіантів із різним вмістом фітогормонів показало, що у поживних середовищах із нижчою їх концентрацією вміст каротиноїдів у тканинах листків мікроклонів був вищим на 8,0 % у сорту «Добриня», 13,5 % – у сорту «Гарант», 5,9 % – у сорту «Ярило», 6,6 % – у сорту «Загрей». Це свідчить про більш сприятливий вплив зниженої гормональної концентрації на пігментний обмін мікроклонів винограду.

*Пагони.* У пагонах мікроклонів винограду контрольних варіантів вміст хлорофілу *a* у середньому становив 0,09–0,14 мг/г вологої маси у підщепних сортів та 0,11–0,15 мг/г вологої маси у технічних сортів (табл. 5.2).

Вміст хлорофілу *a* у тканинах пагонів мікроклонів винограду був найвищим за умови культивування на структурованих поживних середовищах із використанням агроперліту та вермикуліту з нижчим вмістом фітогормонів (сьомий, дев'ятий, одинадцятий варіанти). У цих варіантах цей показник перевищував контрольні значення на 6,7–22,2 % («Добриня»), на 28,6–41,2 % («Гарант»), на 21,1–31,8 % («Ярило»), на 36,8–47,8 % («Загрей») та дорівнював 0,15–0,18 мг/г і 0,14–0,17 мг/г вологої маси, 0,19–0,22 мг/г і 0,19–0,23 мг/г вологої маси. Культивування мікроклонів винограду на поживних середовищах MS + БАП (Радіфарм, Clonex gel) сприяло підвищенню вмісту хлорофілу *a* у тканинах пагонів. Встановлено, що цей показник перевищував контрольні варіанти на 6,7–14,3 % («Добриня»), на 7,2–16,7 % («Гарант»), на 6,3–8,3 % («Ярило»), на 8,3–29,4 % («Загрей»), де накопичувалось до 0,13–0,16 мг/г і 0,10–0,12 мг/г вологої маси, 0,12–0,16 мг/г і 0,12–0,17 мг/г вологої маси.

Після культивування на інших структурованих поживних середовищах (восьмий, десятий, дванадцятий варіанти) вміст хлорофілу *a* у тканинах пагонів мікроклонів збільшувався, порівняно з контролями, на 7,7 % («Добриня»), 18,2–30,8 % («Гарант»), 8,3–38,9 % («Ярило»), 31,3–35,3 % («Загрей»).

Таблиця 5.2

**Вміст пігментів у тканинах пагонів мікроклонів винограду на різних  
типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)**

| Варіанти<br>дослідду | chl a             | chl b      | chl a + chl b | Каротиноїди |
|----------------------|-------------------|------------|---------------|-------------|
|                      | мг/г вологої маси |            |               |             |
| 1                    | 2                 | 3          | 4             | 5           |
| <b>«Добриня»</b>     |                   |            |               |             |
| 1                    | 0,14±0,008        | 0,04±0,002 | 0,18±0,011    | 0,04±0,002  |
| 2                    | 0,12±0,007        | 0,03±0,001 | 0,15±0,009    | 0,03±0,001  |
| 3                    | 0,15±0,009        | 0,05±0,003 | 0,20±0,013    | 0,06±0,004  |
| 4                    | 0,13±0,006        | 0,04±0,003 | 0,17±0,010    | 0,05±0,003  |
| 5                    | 0,16±0,010        | 0,05±0,002 | 0,21±0,014    | 0,06±0,004  |
| 6                    | 0,14±0,007        | 0,04±0,001 | 0,18±0,008    | 0,05±0,001  |
| 7                    | 0,15±0,008        | 0,09±0,005 | 0,24±0,014    | 0,08±0,006  |
| 8                    | 0,13±0,005        | 0,07±0,004 | 0,20±0,012    | 0,06±0,004  |
| 9                    | 0,15±0,007        | 0,10±0,007 | 0,25±0,016    | 0,09±0,007  |
| 10                   | 0,13±0,005        | 0,06±0,003 | 0,19±0,010    | 0,07±0,005  |
| 11                   | 0,18±0,011        | 0,08±0,006 | 0,26±0,012    | 0,08±0,006  |
| 12                   | 0,13±0,006        | 0,07±0,005 | 0,20±0,010    | 0,07±0,005  |
| <b>«Гарант»</b>      |                   |            |               |             |
| 1                    | 0,10±0,008        | 0,05±0,003 | 0,15±0,013    | 0,04±0,002  |
| 2                    | 0,09±0,007        | 0,04±0,001 | 0,13±0,011    | 0,03±0,001  |
| 3                    | 0,12±0,008        | 0,06±0,004 | 0,18±0,016    | 0,06±0,004  |
| 4                    | 0,10±0,008        | 0,05±0,003 | 0,15±0,014    | 0,05±0,002  |
| 5                    | 0,12±0,010        | 0,05±0,003 | 0,17±0,014    | 0,05±0,002  |
| 6                    | 0,10±0,008        | 0,04±0,001 | 0,14±0,011    | 0,04±0,002  |
| 7                    | 0,17±0,012        | 0,07±0,004 | 0,24±0,018    | 0,07±0,005  |
| 8                    | 0,13±0,010        | 0,05±0,002 | 0,18±0,015    | 0,06±0,004  |
| 9                    | 0,14±0,010        | 0,07±0,003 | 0,21±0,019    | 0,08±0,006  |
| 10                   | 0,11±0,009        | 0,06±0,004 | 0,17±0,015    | 0,06±0,003  |
| 11                   | 0,16±0,013        | 0,08±0,005 | 0,24±0,019    | 0,07±0,004  |
| 12                   | 0,12±0,010        | 0,06±0,004 | 0,18±0,015    | 0,04±0,001  |
| <b>«Ярило»</b>       |                   |            |               |             |
| 1                    | 0,15±0,012        | 0,05±0,003 | 0,20±0,016    | 0,05±0,002  |
| 2                    | 0,11±0,010        | 0,04±0,001 | 0,15±0,012    | 0,04±0,002  |
| 3                    | 0,16±0,013        | 0,06±0,002 | 0,22±0,022    | 0,05±0,002  |
| 4                    | 0,12±0,010        | 0,05±0,003 | 0,17±0,015    | 0,05±0,003  |
| 5                    | 0,16±0,014        | 0,07±0,004 | 0,23±0,018    | 0,05±0,002  |
| 6                    | 0,12±0,010        | 0,05±0,003 | 0,17±0,014    | 0,04±0,001  |
| 7                    | 0,19±0,015        | 0,09±0,006 | 0,28±0,025    | 0,06±0,004  |
| 8                    | 0,12±0,010        | 0,06±0,004 | 0,18±0,018    | 0,05±0,003  |
| 9                    | 0,19±0,016        | 0,08±0,006 | 0,27±0,024    | 0,07±0,005  |

| 1        | 2          | 3          | 4          | 5          |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| 10       | 0,13±0,011 | 0,05±0,003 | 0,18±0,015 | 0,05±0,002 |
| 11       | 0,22±0,018 | 0,08±0,005 | 0,30±0,025 | 0,07±0,003 |
| 12       | 0,18±0,015 | 0,07±0,004 | 0,25±0,017 | 0,06±0,003 |
| «Загрей» |            |            |            |            |
| 1        | 0,12±0,009 | 0,07±0,004 | 0,19±0,016 | 0,06±0,003 |
| 2        | 0,11±0,010 | 0,05±0,002 | 0,16±0,013 | 0,05±0,002 |
| 3        | 0,17±0,014 | 0,07±0,005 | 0,24±0,020 | 0,07±0,003 |
| 4        | 0,14±0,011 | 0,06±0,004 | 0,20±0,017 | 0,06±0,002 |
| 5        | 0,15±0,011 | 0,06±0,004 | 0,21±0,020 | 0,07±0,004 |
| 6        | 0,12±0,009 | 0,05±0,002 | 0,17±0,017 | 0,06±0,003 |
| 7        | 0,19±0,015 | 0,11±0,009 | 0,30±0,023 | 0,10±0,007 |
| 8        | 0,16±0,013 | 0,07±0,004 | 0,23±0,017 | 0,08±0,005 |
| 9        | 0,20±0,017 | 0,08±0,005 | 0,28±0,025 | 0,09±0,006 |
| 10       | 0,16±0,011 | 0,05±0,002 | 0,21±0,018 | 0,06±0,003 |
| 11       | 0,23±0,017 | 0,08±0,006 | 0,31±0,026 | 0,08±0,005 |
| 12       | 0,17±0,013 | 0,07±0,004 | 0,24±0,017 | 0,07±0,005 |

Порівняльний аналіз вмісту хлорофілу *a* у тканинах пагонів мікроклонів винограду за різних концентрацій фітогормонів у поживних середовищах показав, що за нижчого їх рівня (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК) накопичення пігменту було вищим, ніж у варіантах із підвищеним вмістом (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК). Зокрема, у сорту «Добриня» цей показник перевищував відповідні значення на 19,2 %, у сорту «Гарант» – на 25,2 %, у сорту «Ярило» – на 37,2 %, а у сорту «Загрей» – на 23,3 %.

У контрольних варіантах показник вмісту хлорофілу *b* у пагонах мікроклонів винограду характеризувався відносно низькими значеннями (0,03–0,05 мг/г вологої маси у підщепних сортах та 0,04–0,07 мг/г вологої маси у технічних).

Культивування на структурованих поживних середовищах із використанням агроперліту та вермикуліту (сьомий, дев'ятий, одинадцятий варіанти) сприяло посиленню синтезу цього пігменту. У підщепних сортів вміст хлорофілу *b* підвищувався до 0,08–0,10 мг/г («Добриня»), до 0,07–0,08 мг/г («Гарант»), у технічних сортів – до 0,08–0,09 мг/г («Ярило») та

0,08–0,11 мг/г («Загрей») вологої маси. Порівняно з контролем це було більше на 28,6–60,0 % і 12,5–44,4 %.

Після застосування біостимуляторів Радіфарм і Clonex gel вміст пігменту у пагонах дорівнював 0,04–0,06 мг/г у підщепних сортів і 0,05–0,07 мг/г вологої маси у технічних сортів, що перевищувало контрольні значення на 7,0–25,0 % і 2,0–28,6 % відповідно.

У варіантах, де використовували структуровані поживні середовища (восьмий, десятий, дванадцятий варіанти), вміст хлорофілу *b* у тканинах пагонів підщепних сортів підвищувався відносно контролю на 11,1–57,1 % та дорівнював 0,06–0,07 мг/г («Добриня») і 0,04–0,06 мг/г («Гарант») вологої маси. Відповідно для технічних сортів вміст хлорофілу *b* у тканинах пагонів дорівнював 0,05–0,07 мг/г вологої маси, що було більшим за контрольні значення на 20,0–42,9 %.

У варіантах із нижчим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК) вміст хлорофілу *b* у тканинах пагонів був вищим порівняно з варіантами, де концентрація фітогормонів була підвищеною (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК), і перевищував їх на 28,9–32,3 % у підщепних сортів та на 33,9–34,4 % – у технічних сортів.

У пагонах мікроклонів винограду контрольних варіантів у середньому синтезувалось 0,13–0,18 мг/г вологої маси (підщепні сорти), 0,15–0,20 мг/г вологої маси (технічні сорти) хлорофілів.

Найбільший показник суми хлорофілів *a* і *b* був характерний для пагонів мікроклонів винограду сьомого, дев'ятого, одинадцятого варіантів. Порівняно з контролем він збільшувався на 25,0–30,8 % («Добриня»), на 28,6–37,5 % («Гарант»), 25,9–33,3 % («Ярило»), 32,1–38,7 % («Загрей»).

У тканинах пагонів рослин винограду інших дослідних варіантів також спостерігалось підвищення вмісту суми хлорофілів *a* і *b* порівняно з контролем. Зокрема, у третьому–шостому варіантах, де мікроклони культивували на поживному середовищі MS із додаванням БАП (Радіфарм, Clonex gel), цей показник збільшувався на 10,0–16,7 % у сорту «Добриня», на

7,1–16,7 % – у сорту «Гарант», на 9,1–13,0 % – у сорту «Ярило» та на 6,4–20,8 % – у сорту «Загрей». Для зазначених варіантів сума хлорофілів *a* і *b* становила відповідно 0,16–0,23 мг/г, 0,14–0,20 мг/г, 0,17–0,27 мг/г та 0,20–0,26 мг/г вологої маси.

У рослин, що культивували на інших структурованих поживних середовищах із підвищеним вмістом фітогормонів, цей показник дорівнював у середньому 0,17–0,24 мг/г вологої маси, що перевищувало контроль на 16,7–40,0 %.

Порівняння суми хлорофілів *a* і *b* між варіантами з різним вмістом фітогормонів у складі поживного середовища показало, що за умови нижчої їх концентрації (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК) вміст пігментів був більшим порівняно з варіантами з підвищеною концентрацією (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК): на 18,7 % у сорту «Добриня», 20,9 % – «Гарант», 26,7 % – «Ярило» та 20,8 % – «Загрей».

У пагонах мікроклонів винограду контрольних варіантів у середньому каротиноїдів синтезувалось 0,03–0,04 мг/г вологої маси для сортів «Добриня» і «Гарант» та 0,04–0,06 мг/г вологої маси для сортів «Ярило» і «Загрей».

Найбільше каротиноїдів синтезувалось у пагонах мікроклонів у сьомому, дев'ятому та одинадцятому варіантах (структуровані поживні середовища), вміст яких дорівнював 0,07–0,09 мг/г вологої маси для підщепних сортів та 0,06–0,10 мг/г вологої маси для технічних сортів. Цей показник перевищував контролі на 50,0–57,1 % для сорту «Добриня», на 42,9–47,4 % («Гарант»), 16,7–28,6 % («Ярило»), на 25,0–40,0 % («Загрей»).

У пагонах мікроклонів винограду, які культивували на MS + БАП, вміст каротиноїдів дорівнював 0,04–0,06 мг/г (підщепні сорти) і 0,04–0,07 мг/г (технічні сорти) вологої маси, що було більшим за контрольні значення на 20,0–40,0 % і на 13,0–34,2 %.

У рослин, які культивували на структурованих поживних середовищах восьмого, десятого, дванадцятого варіантів, вміст каротиноїдів у тканинах пагонів мікроклонів винограду збільшувався на 50,0–57,1 % («Добриня»), на

25,0–47,4 % («Гарант»), на 13,0–33,3 % («Ярило»), на 16,7–34,2 % («Загрей») відповідно.

Загальний аналіз вмісту каротиноїдів у пагонах мікроклонів винограду показав, що за умов зниженого гормонального вмісту (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК) інтенсивність їх накопичення була вищою, ніж у поживних середовищах із підвищеною концентрацією фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК). Перевага становила 24,2 % («Добриня»), 34,6 % («Гарант»), 23,7 % («Ярило»), 22,7 % («Загрей»).

*Поживні субстрати.* У процесі дослідження у тканинах листків і пагонів мікроклонів винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» та «Загрей», які культивували в умовах *in vitro* на різних типах поживних субстратів, так само визначали вміст пігментного комплексу (табл. 5.3).

Проведений порівняльний аналіз вмісту фотосинтетичних пігментів у листових пластинках мікроклонів винограду показав, що рівень їх накопичення суттєво залежав від типу мінерального субстрату. У контрольних варіантах вміст хлорофілу *a* у підщепних сортах («Добриня», «Гарант») коливався в межах 0,91–1,44 мг/г вологої маси, тоді як у технічних сортів («Ярило», «Загрей») – 1,12–1,41 мг/г вологої маси.

Найвищі показники були у рослин п'ятого варіанту, де як поживне середовище використовували суміш агроперліту з вермикулітом. За цих умов синтез хлорофілу *a* перевищував контрольні значення на 15,3–69,0 % залежно від сорту. Використання окремо агроперліту або вермикуліту також сприяло збільшенню вмісту хлорофілу *a* відносно контролю, відповідно на 1,4–64,0 % та 9,0–61,0 %.

Вміст хлорофілу *b* у контрольних рослин дорівнював 0,25–0,37 мг/г вологої маси у підщепних і 0,37–0,41 мг/г вологої маси у технічних сортів. Максимальні його значення були у рослин п'ятого варіанту (агроперліт + вермикуліт), де вони перевищували контроль на 12,2–67,9 %. На субстратах із агроперлітом чи вермикулітом також відзначено збільшення вмісту цього пігменту.

Таблиця 5.3

**Вміст пігментів у тканинах листків мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)**

| Варіанти досліджу | chl <i>a</i>      | chl <i>b</i> | chl <i>a</i> + chl <i>b</i> | Каротиноїди |
|-------------------|-------------------|--------------|-----------------------------|-------------|
|                   | мг/г вологої маси |              |                             |             |
| <b>«Добриня»</b>  |                   |              |                             |             |
| 1                 | 1,44±0,07         | 0,37±0,02    | 1,81±0,06                   | 0,37±0,01   |
| 2                 | 1,39±0,08         | 0,29±0,01    | 1,68±0,08                   | 0,32±0,01   |
| 3                 | 1,46±0,09         | 0,37±0,02    | 1,83±0,05                   | 0,48±0,02   |
| 4                 | 1,57±0,10         | 0,39±0,02    | 1,97±0,06                   | 0,50±0,03   |
| 5                 | 1,66±0,03         | 0,42±0,03    | 2,08±0,09                   | 0,55±0,03   |
| <b>«Гарант»</b>   |                   |              |                             |             |
| 1                 | 1,00±0,04         | 0,28±0,01    | 1,28±0,07                   | 0,25±0,01   |
| 2                 | 0,91±0,02         | 0,25±0,01    | 1,16±0,06                   | 0,23±0,02   |
| 3                 | 1,64±0,04         | 0,49±0,02    | 2,13±0,09                   | 0,38±0,02   |
| 4                 | 1,61±0,04         | 0,43±0,02    | 2,03±0,10                   | 0,44±0,02   |
| 5                 | 1,69±0,03         | 0,47±0,01    | 2,16±0,11                   | 0,45±0,02   |
| <b>«Ярило»</b>    |                   |              |                             |             |
| 1                 | 1,41±0,06         | 0,41±0,03    | 1,82±0,06                   | 0,33±0,02   |
| 2                 | 1,29±0,08         | 0,38±0,02    | 1,67±0,07                   | 0,30±0,01   |
| 3                 | 1,93±0,07         | 0,58±0,03    | 2,51±0,11                   | 0,44±0,02   |
| 4                 | 1,97±0,09         | 0,61±0,04    | 2,58±0,12                   | 0,49±0,02   |
| 5                 | 2,01±0,10         | 0,64±0,02    | 2,65±0,14                   | 0,51±0,03   |
| <b>«Загрей»</b>   |                   |              |                             |             |
| 1                 | 1,24±0,06         | 0,41±0,03    | 1,65±0,06                   | 0,24±0,01   |
| 2                 | 1,12±0,06         | 0,37±0,02    | 1,49±0,05                   | 0,24±0,01   |
| 3                 | 1,67±0,08         | 0,42±0,01    | 2,09±0,10                   | 0,35±0,01   |
| 4                 | 1,52±0,07         | 0,43±0,01    | 1,95±0,09                   | 0,42±0,01   |
| 5                 | 1,73±0,08         | 0,46±0,02    | 2,19±0,12                   | 0,44±0,02   |

Загальна сума хлорофілів *a* і *b* у контрольних варіантах становила 1,16–1,81 мг/г вологої маси у підщепних сортів і 1,49–1,82 мг/г вологої маси у технічних. Найбільші значення цього показника були у рослин варіантів з агроперлітом і вермикулітом, де сума хлорофілів перевищувала контроль на 14,9–68,8 %. На субстратах із агроперлітом і вермикулітом окремо, цей

показник зростав на 1,1–66,4 % та 8,8–58,6 % відповідно.

У контрольних варіантах вміст каротиноїдів у тканинах листків становив 0,25–0,37 мг/г вологої маси у підщепних сортів і 0,24–0,33 мг/г вологої маси у технічних. Найбільші значення були характерні для рослин у варіантах з агроперлітом і вермикулітом, де вміст каротиноїдів перевищував контрольні показники на 48,6–83,3 %. Культивування мікроклонів на агроперліті або вермикуліті сприяло збільшенню цього показника на 29,7–52,0 % та 35,1–76,0 % відповідно.

*Пагони.* У процесі проведеного дослідження встановлено, що в пагонах мікроклонів винограду контрольних варіантів рівень хлорофілу *a* був відносно невисоким і коливався у межах 0,09–0,11 мг/г вологої маси у підщепних сортів та 0,11–0,13 мг/г вологої маси у технічних. Найбільш інтенсивний синтез цього пігменту спостерігався у п'ятому варіанті (агроперліт + вермикуліт), де його кількість зростала на 72,5–81,2 % у сортів «Добриня» і «Гарант» і на 50,1–76,8 % у сортів «Ярило» і «Загрей», порівняно з контролем (табл. 5.4).

Дещо нижчі показники були у варіантах з агроперлітом і вермикулітом, окремо. На агроперліті (третій варіант) вміст хлорофілу *a* перевищував контроль на 12,5–62,3 %, на вермикуліті (четвертий варіант) – на 29,5–70,7 %. Концентрації пігменту змінювалися в межах 0,13–0,19 мг/г і 0,15–0,20 мг/г вологої маси відповідно, що було на 3,4–25,1 % нижче, ніж у варіанті з комбінованим субстратом. Вміст хлорофілу *b* у пагонах контрольних рослин був незначним – 0,04–0,06 мг/г у підщепних та 0,03–0,06 мг/г вологої маси у технічних сортів. Найбільша його кількість була у мікроклонів п'ятого варіанту (агроперліт + вермикуліт), де показники перевищували контроль на 45,2–98,4 % і дорівнювали 0,08–0,09 мг/г вологої маси у підщепних та 0,07–0,10 мг/г вологої маси у технічних сортів.

На агроперліті та вермикуліті його кількість збільшувалась відносно контролю на 13,9–92,4 % і 22,9–82,0 %, проте ці значення були нижчими від варіанту, де використовували суміш агроперліту з вермикулітом на 3,2–34,4 %.

Таблиця 5.4

**Вміст пігментів у тканинах пагонів мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)**

| Варіанти досліджу | chl <i>a</i>      | chl <i>b</i> | chl <i>a</i> + chl <i>b</i> | Каротиноїди |
|-------------------|-------------------|--------------|-----------------------------|-------------|
|                   | мг/г вологої маси |              |                             |             |
| <b>«Добриня»</b>  |                   |              |                             |             |
| 1                 | 0,14±0,008        | 0,04±0,002   | 0,18±0,011                  | 0,04±0,002  |
| 2                 | 0,12±0,007        | 0,03±0,001   | 0,15±0,009                  | 0,03±0,001  |
| 3                 | 0,16±0,005        | 0,07±0,003   | 0,23±0,001                  | 0,04±0,002  |
| 4                 | 0,15±0,006        | 0,07±0,003   | 0,22±0,001                  | 0,04±0,002  |
| 5                 | 0,18±0,008        | 0,08±0,004   | 0,26±0,001                  | 0,05±0,003  |
| <b>«Гарант»</b>   |                   |              |                             |             |
| 1                 | 0,10±0,008        | 0,05±0,003   | 0,15±0,013                  | 0,04±0,002  |
| 2                 | 0,09±0,007        | 0,04±0,001   | 0,13±0,011                  | 0,03±0,001  |
| 3                 | 0,14±0,005        | 0,09±0,007   | 0,23±0,010                  | 0,03±0,001  |
| 4                 | 0,16±0,004        | 0,08±0,005   | 0,23±0,009                  | 0,03±0,001  |
| 5                 | 0,16±0,004        | 0,09±0,007   | 0,25±0,010                  | 0,03±0,001  |
| <b>«Ярило»</b>    |                   |              |                             |             |
| 1                 | 0,15±0,012        | 0,05±0,003   | 0,20±0,016                  | 0,05±0,002  |
| 2                 | 0,11±0,010        | 0,04±0,001   | 0,15±0,012                  | 0,04±0,002  |
| 3                 | 0,19±0,012        | 0,06±0,004   | 0,26±0,014                  | 0,05±0,002  |
| 4                 | 0,20±0,013        | 0,06±0,004   | 0,27±0,013                  | 0,05±0,002  |
| 5                 | 0,21±0,015        | 0,07±0,005   | 0,28±0,015                  | 0,05±0,003  |
| <b>«Загрей»</b>   |                   |              |                             |             |
| 1                 | 0,12±0,009        | 0,07±0,004   | 0,19±0,016                  | 0,06±0,003  |
| 2                 | 0,11±0,010        | 0,05±0,002   | 0,16±0,013                  | 0,05±0,002  |
| 3                 | 0,13±0,008        | 0,06±0,004   | 0,19±0,015                  | 0,06±0,004  |
| 4                 | 0,15±0,009        | 0,07±0,005   | 0,22±0,017                  | 0,07±0,005  |
| 5                 | 0,17±0,006        | 0,10±0,009   | 0,27±0,018                  | 0,08±0,005  |

У варіантах, де у якості поживних субстратів використовували суміш агроперліту та вермикуліту (п'ятий варіант), мікроклони винограду характеризувалися найбільшим показником суми хлорофілів *a* + *b*. Цей показник перевищував контроль на 57,8–80,8 % (0,25–0,26 мг/г у підщепних та 0,27–0,28 мг/г вологої маси у технічних сортів). У третьому і четвертому

варіантах він збільшувався на 13,0–73,3 %, але був нижчим (на 7,9–28,4 %) порівняно з рослинами п'ятого варіанту.

У пагонах мікроклонів п'ятого варіанту відзначали і найбільший вміст каротиноїдів. Він перевищував контрольні значення на 45,6–90,4 % і дорівнював 0,03–0,05 мг/г (підщепні сорти) та 0,05–0,08 мг/г (технічні сорти) вологої маси.

У пагонах мікроклонів третього (агроперліт) та четвертого (вермикуліт) варіантів цей показник також збільшувався порівняно з контролем на 12,5–84,5 %, але поступався варіантам із застосуванням суміші агроперліту і вермикуліту в середньому на 2,3–22,7 %.

## **5.2. Коренева система**

### **5.2.1. Водний режим та вміст сухих речовин**

Надходження води в корені через біологічні мембрани здійснюється завдяки таким процесам, як осмос, дифузія і активний транспорт. Завдяки корневим волоскам водний розчин просочується в клітинні пори кореня і далі з клітини у клітину потрапляє в судини, де вода з розчиненими речовинами піднімається в стебло. Відповідно, чим більше кількість води проходить через корені, тим більше поживних речовин потрапляє через ксилему у тканини рослин, що впливає на активність розвитку самої рослини. Тому вміст води і сухих речовин у коренях мікроклонів є важливим показником [42].

*Поживні середовища. Загальне обводнення.* Після 60 діб культивування у тканинах коренів рослин *in vitro* проводили визначення вмісту загальної, легкоутримуваної води та сухих речовин. Встановлено, що найбільше загальної води було у тканинах коренів контрольних варіантів та варіантів, де застосовували препарати Радіфарм і Clonex gel. Так, обводнення тканин коренів у цих варіантах для підщепних сортів дорівнювало 94,5–95,2 % і

95,8–96,0 % – контролі, 96,4–97,4 % і 96,1–97,9 % – третій–шостий варіанти. У тканинах коренів мікроклонів винограду, які культивували на поживних середовищах із додаванням мінеральних субстратів, цей показник зменшувався на 0,4–3,5 %, 2,2–4,5 % і дорівнював 91,1–93,2 %, 93,8–95,5 % (рис. 5.9).

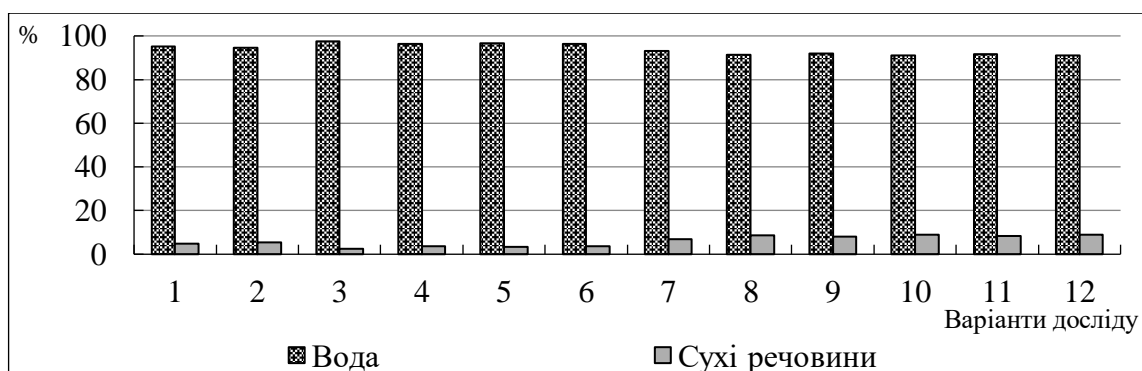
Для мікроклонів технічних сортів показник загального вмісту води контролів дорівнював у середньому 95,0–95,4 % і 93,6–94,0 %, для варіантів з БАП – 93,5–95,8 % і 92,4–95,8 % та для варіантів зі структурованими поживними середовищами – 86,5–91,4 % і 90,0–91,8 %. Порівняно з контролем на структурованих поживних середовищах цей показник зменшувався на 2,2–4,5 %.

Вміст легкоутримуваної води. Найбільший показник вмісту легкоутримуваної води був у тканинах коренів мікроклонів винограду контрольних та третього–шостого варіантів (рис. 5.10).

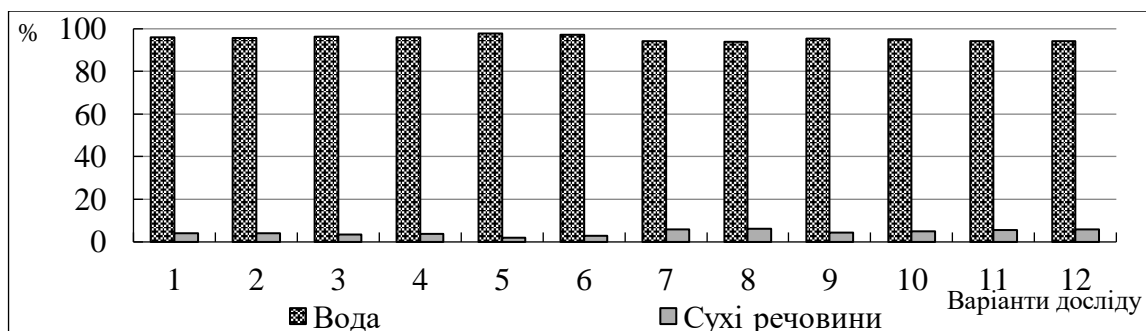
Для мікроклональних рослин цих варіантів вміст легкоутримуваної води дорівнював 44,0–45,4 % (контроль 1 та 2), 45,0–47,3 % (Радіфарм) та 43,5–45,6 % (Clonex gel) для сорту «Добриня», 45,8–46,5 %, 45,5–47,8 % і 43,6–45,8 % для сорту «Гарант», 44,1–45,0 %, 45,9–48,4 % і 42,6–46,5 % – для сорту «Ярило», 44,4–46,6 %, 44,7–47,5 % і 42,3–45,7 % – для сорту «Загрей».

У коренях мікроклонів, що культивували на структурованих поживних середовищах, цей показник зменшувався відносно вищевказаних варіантів на 7,3–9,1 % (порівняно з контролями) та на 7,9–8,8 % (порівняно з третім – шостим варіантами). Вміст легкоутримуваної води у тканинах коренів цих варіантів дорівнював у середньому 32,3–41,9 %.

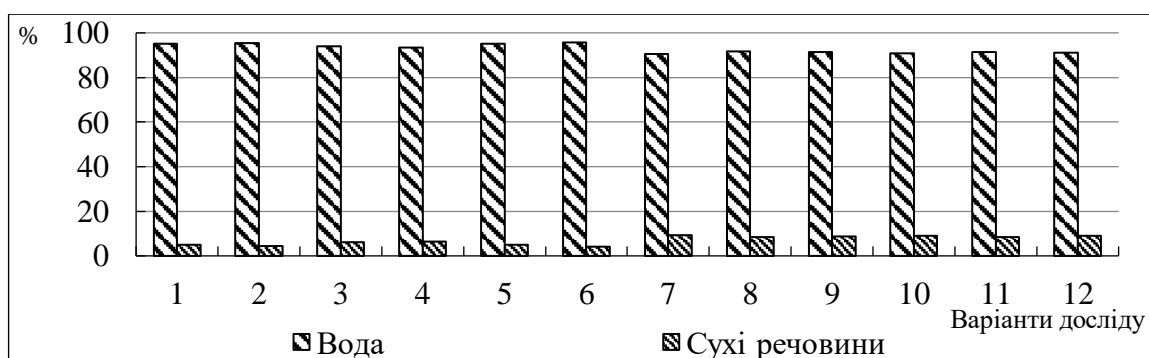
Вміст сухих речовин. Сухі речовини у тканинах коренів мікроклонів винограду накопичувались у різній кількості залежно від типу поживного середовища. У мікроклонів третього–шостого варіантів (порівняно з контролем) вміст сухих речовин у тканинах коренів зменшувався на 1,5–2,2 % і 0,3–2,0 % для сортів «Добриня» та «Гарант» відповідно.



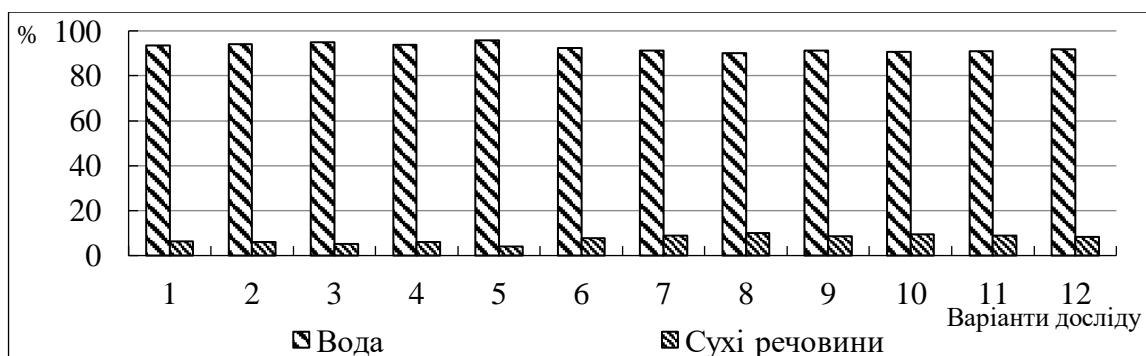
## «Добриня»



## «Гарант»



## «Ярило»



## «Загрей»

Рис. 5.9. Загальний вміст води і сухих речовин у тканинах коренів мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)

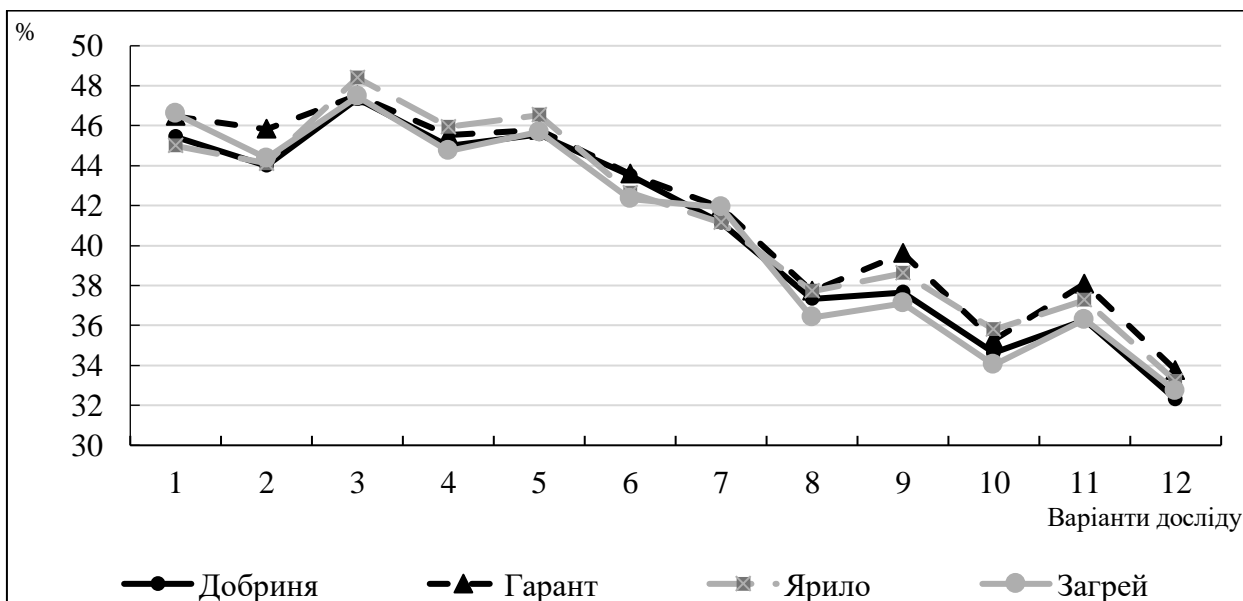


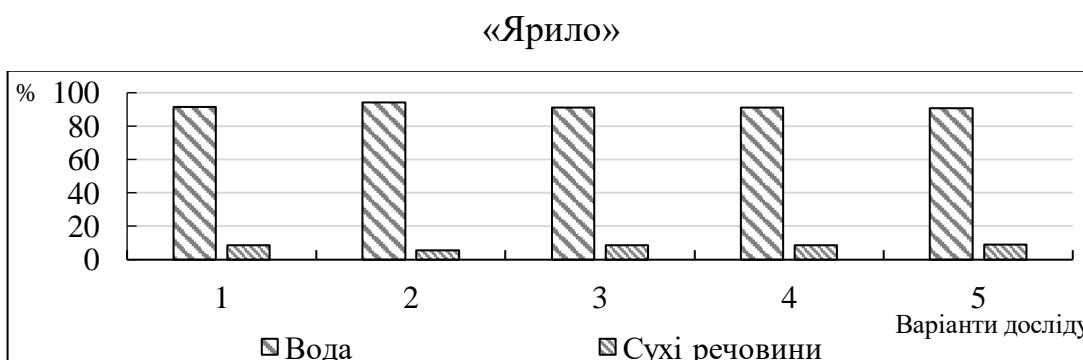
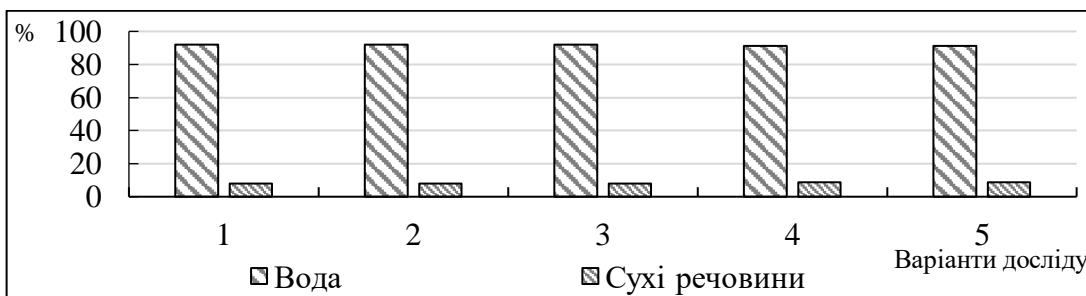
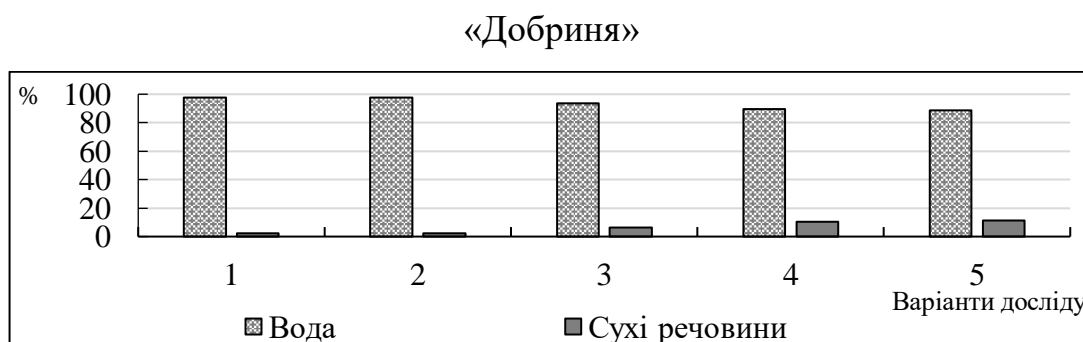
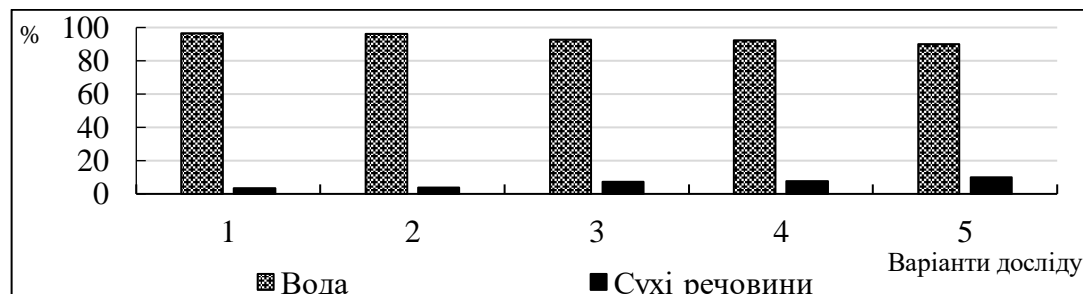
Рис. 5.10. Вміст легкоутримуваної води у тканинах коренів мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ (середнє за 2019–2022 рр.)

У мікроклонів сьомого–дванадцятого варіантів він навпаки збільшувався (порівняно з контролем) на 2,0–3,5 % і 0,4–2,0 % для сортів «Добриня» та «Гарант», а для сортів «Ярило» та «Загрей» – на 3,6–4,5 % і 2,2–3,9 %. У контрольних варіантах він дорівнював 4,8–5,5 % і 4,0–4,2 %, у третіх–шостих варіантах – 2,6–3,6 % і 2,1–3,9 %, а у сьомих–дванадцятих – 6,8–8,9 % і 4,5–6,2 %.

Рослини *in vitro* технічних сортів, які культивували на стандартному поживному середовищі MS, накопичували 4,6–5,0 % і 6,0–6,4 % сухих речовин у тканинах коренів («Ярило» і «Загрей»), на поживних середовищах із коренеутворюючими препаратами – 4,2–6,5 % і 4,2–7,6 %, а на середовищах із підвищеним вмістом мінеральних компонентів – 8,3–9,4 % і 8,2–10,0 % (рис. 5.9).

*Поживні субстрати. Загальне обводнення.* У ході аналізу показника загального обводнення коренів мікроклонів винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» та «Загрей», які культивували на мінеральних субстратах та агаризованих поживних середовищах, було виявлено істотну відмінність.

У мікроклонів, які культивували на поживних середовищах MS (перший, другий варіанти), показники загального обводнення тканин коренів були найвищими: у підщепних сортів вони дорівнювали 96,3–97,7 %, у технічних сортів – 91,5–94,3 % (рис. 5.11).



«Загрей»

Рис. 5.11. Загальний вміст води і сухих речовин у тканинах коренів мікроклонів винограду на різних типах мінеральних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)

Після культивування мікроклонів винограду підщепних сортів на мінеральному субстраті агроперліт показник загального обводнення у тканинах коренів дорівнював 92,7–93,8 %, після культивування мікроклонів на мінеральному субстраті вермикуліт та суміші агроперліту і вермикуліту він дорівнював 89,4–92,2 % та 88,0–90,0 % відповідно. Порівняно з контролем він зменшувався у середньому на 2,1–9,1 %.

*Вміст легкоутримуваної води.* Аналіз вмісту легкоутримуваної води в тканинах коренів мікроклональних рослин підщепних сортів винограду показав статистично значуще збільшення цього показника у рослин, які культивували на субстраті агроперліт + вермикуліт (п'ятий варіант). У рослин третього дослідного варіанту (агроперліт) вміст легкоутримуваної води змінювався в межах 41,4–53,8 %. У рослин четвертого дослідного варіанту (вермикуліт) цей показник дорівнював 58,4–62,4 %, у рослин п'ятого дослідного варіанту він варіював від 63,6 % до 67,9 %.

Отримані результати в середньому перевищували показники контролю на 13,0–97,7 %, де вміст легкоутримуваної води дорівнював 34,4–54,9 % та 30,0–48,6 % (рис. 5.12).

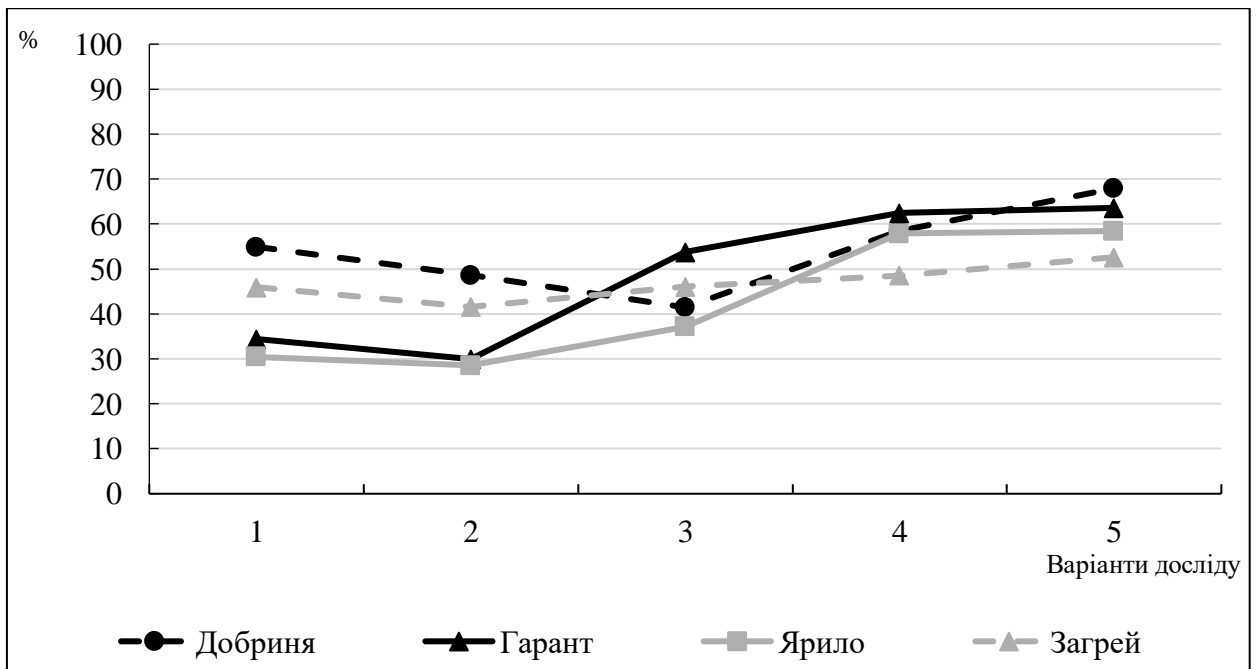


Рис. 5.12. Вміст легкоутримуваної води у тканинах коренів мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів (середнє за 2019–2022 рр.)

Аналіз вмісту легкоутримуваної води в тканинах коренів мікроклональних рослин технічних сортів винограду показав подібну тенденцію щодо збільшення цього показника в тканинах коренів.

Вміст сухих речовин. Визначення вмісту сухих речовин показало, що у мікроклонів дослідних варіантів сортів «Добриня» та «Гарант» цей показник (порівняно з контрольними варіантами) збільшувався у 2,1–4,8 раз; у мікроклонів сортів «Ярило» і «Загрей» – відповідно у 1,1–1,3 раз. У третьому варіанті, де мікроклони культивували на агроперліті, вміст сухих речовин у коренях дорівнював 6,2–7,3 % для підщепних сортів та 8,1–8,8 % для технічних сортів. У мікроклонів четвертого варіанту, які культивували на вермикуліті, цей показник дорівнював 7,8–10,6 % та 8,7 %. Для мікроклонів п'ятого варіанту, які культивували на суміші агроперліту і вермикуліту, вміст сухих речовин у коренях дорівнював 10,0–11,2 % та 8,9–9,1 %, що було найбільшим серед усіх варіантів (рис. 5.11).

За матеріалами розділу «Фізіолого-біохімічні показники мікроклонів винограду *in vitro*» надруковано 9 наукових праць [26, 25, 21, 29, 22, 268, 19, 24, 270].

## Висновки до розділу 5

1. Аналіз результатів дослідження впливу модифікованих поживних середовищ, субстратів на основні фізіолого-біохімічних показників приросту та кореневої системи мікроклонів винограду показав, що вони залежали від складу поживного середовища, наявності структуроутворювальних або біологічно активних компонентів та типу мінеральних субстратів.
2. Після культивування мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ було встановлено, що найбільшим показником обводнення тканин приросту характеризувалися мікроклони винограду у контрольних варіантах (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП та MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП) та варіантах із додаванням БАП – Clonex gel і Радіфарм (третій–шостий

варіанти): 91,5–93,2 % («Добриня»), 91,2–91,9 % («Гарант»), 91,8–93,8 % («Ярило») та 90,9–92,1 % («Загрей»).

На структурованих поживних середовищах (із агроперлітом, вермикулітом або їх сумішшю – сьомий–дванадцятий варіанти) загальний вміст води у тканинах приросту мікроклонів винограду зменшувався до 84,2–86,8 % у мікроклонів сорту «Добриня», 85,5–88,2 % – сорту «Гарант», 86,6–89,1 % – сорту «Ярило» та 85,1–87,9 % – сорту «Загрей» або зменшувався відносно контролю на 4,8–8,8 % у підщепних та на 4,7–6,8 % – у технічних сортів.

Порівняння варіантів за фітогормональним складом показало, що достовірної різниці за показником загального обводнення між поживними середовищами з нижчим (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП) та вищим (0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП) рівнем фітогормонів не встановлено.

Культивування мікроклонів винограду на мінеральних поживних субстратах також сприяло зниженню показника загального вмісту води у тканинах приросту: на агроперліті – 87,0–88,9 %, на вермикуліті – 86,4–88,5 %, а на суміші агроперліт + вермикуліт – 85,0–86,4 %, що було менше за контрольні значення на 3,5–7,6 % у підщепних і на 5,2–8,5 % у технічних сортів.

3. Вміст легкоутримуваної води у контрольних і дослідних варіантах із БАП (перший–шостий варіанти) знаходився у межах 39,5–45,4 %, без достовірної різниці між ними. У рослин, що культивували на структурованих поживних середовищах, цей показник знижувався на 2,5–5,7 % у сортів «Добриня» і «Гарант» та на 2,2–5,1 % у сортів «Ярило» і «Загрей». Мікроклони винограду, які культивували на структурованих поживних середовищах з агроперлітом, вермикулітом або їх сумішшю (сьомий–дванадцятий варіанти), втрачали в середньому за 60 хв тільки 0,004–0,054 г води («Добриня», «Гарант») і 0,005–0,034 г («Ярило», «Загрей»), що було менше за контрольні значення на 18,1–56,0 %. Мікроклони винограду на поживних середовищах із Clonex gel та Радіфарм (третій–шостий варіанти)

втрачали 0,006–0,078 г води, що відповідало рівню контролю.

Порівняльна оцінка варіантів досліду, які відрізнялися за вмістом фітогормонів, показала, що рослини, вирощені на поживних середовищах із меншими концентраціями ІОК і 6-БАП (0,3 і 0,2 мг/л відповідно), мали вищу водоутримувальну здатність.

Вміст легкоутримуваної води у тканинах мікроклонів винограду, які культивували на мінеральних поживних субстратах, також був нижчим від контрольних значень, що свідчить про вищий ступінь фізіологічної зрілості тканин та, у результаті, підвищення адаптаційної здатності рослин до умов поза культурою *in vitro*. На агроперліті цей показник зменшувався на 2,9–4,1 %, на вермикуліті – на 6,3–7,2 %, на суміші субстратів – на 7,4–7,8 % для підщепних сортів та на 1,8–7,3 % для технічних сортів. Відповідно, водоутримувальна здатність мікроклонів, які культивували на мінеральних поживних субстратах, була вищою, ніж у контролях. Після 60 хв підсушування кількість випаровуваної води зменшувалась в 1,1–2,4 раза (підщепні сорти) і в 1,4–2,2 раза (технічні сорти).

4. Визначення вмісту сухих речовин у вегетативній надземній масі мікроклонів винограду показало, що у контрольних варіантах (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП; MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП) цей показник був найменшим і дорівнював 6,4–7,1 % для сорту «Добриня», 7,2–7,9 % для сорту «Гарант», 5,9–6,6 % для сорту «Ярило», 7,3–8,4 % для сорту «Загрей». На поживних середовищах MS із додаванням препаратів Радіфарм і Clonex gel вміст сухих речовин збільшувався порівняно з контролем, але різниця була не суттєвою. Найбільші значення цього показника були характерні для мікроклонів винограду, що культивували на структурованих поживних середовищах (агроперліт, вермикуліт, агроперліт + вермикуліт) із меншим вмістом фітогормонів (ІОК – 0,3 мг/л, 6-БАП – 0,2 мг/л). У рослин цих варіантів кількість сухих речовин перевищувала контроль на 7,7–8,8 % («Добриня»), 5,5–6,6 % («Гарант»), 5,5–6,7 % («Ярило») та 5,5–6,5 % («Загрей») і дорівнювала в середньому 13,4–15,8 % у підщепних та 12,1–

14,9 % у технічних сортів.

Кількість сухих речовин у мікроклонах, вирощених на мінеральних субстратах, збільшувалась від 11,1–13,6 % (агроперліт і вермикуліт) до 13,6–15,0 % (агроперліт + вермикуліт), перевищуючи контрольні значення на 3,5–8,5 %. Це вказує на активніший перебіг метаболічних процесів та краще формування структурно-функціональної стабільності тканин.

5. Найбільше значення показника інтенсивності транспірації вегетативної надземної маси мікроклонів винограду було встановлено у контрольних варіантах, де через 5 і 10 хв він дорівнював відповідно 1,9–2,8 і 5,5–10,0 г/(м<sup>2</sup>×год). Додавання до поживних середовищ біологічно активних препаратів Clonex gel і Радіфарм спричинило зниження інтенсивності транспірації вегетативної надземної маси у мікроклонів усіх досліджуваних сортів відносно контролю. Через 5 хв вона зменшувалася на 34,3–53,3 % («Добриня»), 31,9–44,8 % («Гарант»), 9,2–41,1 % («Ярило»), 14,9–21,4 % («Загрей»); через 10 хв – на 17,7–26,0 %, 26,1–30,9 %, 4,2–18,8 %, 16,8–40,2 %. У варіантах, де поживне середовище містило структуроутворювальні компоненти (агроперліт, вермикуліт або їх суміш), інтенсивність транспірації зменшувалася ще більше – у 1,8–2,7 раза порівняно з контролем. Це свідчить, що БАП та структуровані поживні середовища сприяли зниженню інтенсивності транспірації випаровування води завдяки стимулюванню формування більш щільних тканин і стабілізації продихового апарату.

Порівняння варіантів із різним вмістом фітогормонів показало, що при нижчому їх рівні (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП) інтенсивність транспірації була вищою, ніж за підвищеного (0,6 мг/л ІОК, 0,5 мг/л 6-БАП): у середньому на 7,8–11,1 % (через 5 хв) та на 9,2–29,7 % (через 10 хв) у підщепних сортів, на 7,0–14,1 % (через 5 хв) і 4,6–4,9 % (через 10 хв) у технічних. Потрібна тенденція зберігалася і для мінеральних поживних субстратів: інтенсивність транспірації мікроклонів винограду, які культивували на агроперліті, вермикуліті та їх суміші, знижувалася на 9,4–47,1 % (через 5 хв) і 4,5–45,1 % (через 10 хв) порівняно з контролем, причому найменші значення

спостерігалися на суміші агроперліт + вермикуліт.

6. У контрольних варіантах (MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП; MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП) сумарний вміст хлорофілів у листках мікроклонів винограду дорівнював у середньому 1,68–1,81 мг/г для сорту «Добриня», 1,16–1,28 мг/г для сорту «Гарант», 1,67–1,82 мг/г для сорту «Ярило» та 1,49–1,65 мг/г вологої маси для сорту «Загрей». Додавання біологічно активних препаратів сприяло підвищенню цього показника: у варіантах із препаратом Радіфарм (третій–четвертий варіанти) сумарний вміст хлорофілів збільшувався на 2,9–19,7 %, а з Clonex gel (п'ятий–шостий варіанти) – 1,5–21,2 % порівняно з контролем. Зокрема, у листках сорту «Добриня» він досягав 1,75–1,98 мг/г вологої маси, для сорту «Гарант» – 1,30–1,46 мг/г вологої маси, для сорту «Ярило» – 2,08–2,30 мг/г вологої маси, для сорту «Загрей» – 1,61–1,70 мг/г вологої маси.

Максимальне накопичення хлорофілів відмічено у мікроклонів винограду, які культивували на структурованих поживних середовищах із додаванням агроперліту, вермикуліту або їх суміші (сьомий–дванадцятий варіанти). У листках їх вміст збільшувався на 18,7–48,9 % відносно контролю: для сорту «Добриня» – 2,17–3,26 мг/г вологої маси, для сорту «Гарант» – 2,04–2,46 мг/г вологої маси, для сорту «Ярило» – 2,38–3,00 мг/г вологої маси, для сорту «Загрей» – 1,91–2,17 мг/г вологої маси. Кількість каротиноїдів у мікроклонів цих варіантів також збільшувалась на 22,9–56,4 % і дорівнювала 0,36–0,66 мг/г вологої маси при 0,23–0,37 мг/г вологої маси у контролі.

У пагонах спостерігалась аналогічна тенденція, але з нижчими абсолютними значеннями. Так, сума хлорофілів у контрольних рослин дорівнювала 0,13–0,20 мг/г вологої маси, тоді як на структурованих поживних середовищах вона збільшувалась до 0,17–0,25 мг/г вологої маси у підщепних сортів («Добриня», «Гарант») та до 0,18–0,34 мг/г вологої маси у технічних сортів («Ярило», «Загрей»). Відповідно, вміст каротиноїдів у пагонах збільшувався до 0,04–0,09 мг/г вологої маси і до 0,05–0,10 мг/г

вологої маси, що свідчить про посилення фотосинтетичної активності.

Порівняння за даним показником варіантів із різним рівнем фітогормонів показало, що підвищення концентрації ІОК і 6-БАП (до 0,6 і 0,5 мг/л) не забезпечувало достовірного збільшення вмісту пігментів.

Культивування мікроклонів винограду на мінеральних поживних субстратах сприяло збільшенню вмісту фотосинтетичних пігментів у листках і пагонах порівняно з контрольними поживними середовищами. У листках сума хлорофілів збільшувалася на 4,8–76,9 %, вміст каротиноїдів – на 39,4–88,3 %, у пагонах відповідно вміст хлорофілів збільшувався на 13,0–80,8 %, а каротиноїдів – на 12,5–90,4 %. Найбільше пігментів синтезувалося у мікроклональних рослин, які культивували на суміші агроперліту з вермикулітом, що свідчить про її позитивний вплив на фотосинтетичну активність і накопичення пігментів.

7. Дослідження водного режиму та накопичення сухих речовин у коренях мікроклонів винограду показало, що ці показники суттєво залежали від складу поживного середовища та використаних поживних субстратів.

Аналіз загального обводнення коренів мікроклонів винограду показав, що у контрольних варіантах і варіантах із застосуванням БАП воно було максимальним: для підщепних сортів – 94,5–97,9 %, для технічних – 92,4–95,8 %. На структурованих поживних середовищах загальне обводнення коренів знижувалося на 0,4–4,5 %, а на мінеральних субстратах – у середньому на 2,1–9,1 %.

Вміст легкоутримуваної води у коренях мікроклонів винограду також змінювався залежно від умов культивування. Найбільші значення були характерні для рослин контрольних варіантів та варіантів, де застосовували БАП (42,3–48,4 %). На структурованих поживних середовищах цей показник знижувався до 32,3–41,9 %, тоді як на мінеральних субстратах відзначалося значне підвищення кількості легкоутримуваної води, особливо після культивування мікроклонів на суміші агроперліту з вермикулітом (52,6–67,9 %).

Вміст сухих речовин у коренях мікроклонів винограду також суттєво залежав від типу середовища для культивування. У рослин контрольних варіантів він дорівнював 4,0–5,5 % (підщепні сорти) та 4,6–6,4 % (технічні сорти), на поживних середовищах із коренеутворюючими препаратами – 2,1–3,9 % (підщепні сорти) та 4,2–7,6 % (технічні сорти), на структурованих поживних середовищах – відповідно 4,5–8,9 % (підщепні сорти) та 8,2–10,0 % (технічні сорти). Після культивування мікроклонів винограду на мінеральних субстратах так само відзначали збільшення вмісту сухих речовин у коренях, особливо на суміші агроперліту з вермикулітом – 10,0–11,2 % у підщепних та 8,9–9,1 % у технічних сортів, що свідчить про активний обмін речовин та накопичення органічних компонентів при оптимальних фізико-хімічних властивостях субстрату.

## РОЗДІЛ 6

### ПОКАЗНИКИ АНАТОМІЧНОЇ БУДОВИ ПРОДИХОВОГО АПАРАТУ НИЖНЬОГО ЕПІДЕРМІСУ ЛИСТКІВ МІКРОКЛОНІВ ВІНОГРАДУ В УМОВАХ *IN VITRO* ТА *IN VIVO*

У рамках дослідження фізіологічних особливостей мікроклонів винограду важливу роль відіграє вивчення особливостей розвитку та структури продихів.

Продихи – це мікроскопічні отвори в епідермісі листка, оточені парою замикаючих клітин. Ці клітини контролюють процес відкриття і закриття продихів, регулюючи обмін газів між рослиною та атмосферою, а також транспіраційний процес. Дослідження особливостей розвитку продихового апарату рослин відіграє ключову роль у формуванні їх адаптаційного потенціалу до різних умов середовища.

#### 6.1. Умови *in vitro*

*Поживні середовища.* У процесі проведення дослідження ми визначали особливості формування продихового апарату нижнього епідермісу листкової пластинки мікроклонів винограду, зокрема визначали *кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки* та *загальну кількість продихів на листкову пластинку*. Адже відомо, що більша щільність продихів формує потенціал для ефективнішого газообміну, оскільки робота продихового апарату прямо залежить від кількості активних продихів на поверхні листка. Це означає, що рослина краще контролює газообмін і швидше реагує на зміну умов, що особливо важливо під час адаптації після виходу з умов *in vitro* [118].

Порівняння даних щодо кількості продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки між дослідними (третій–дванадцятий) і контрольними (перший і другий) варіантами показало, що більшість рослин, які культивували на структурованих поживних середовищах із нижчою концентрацією

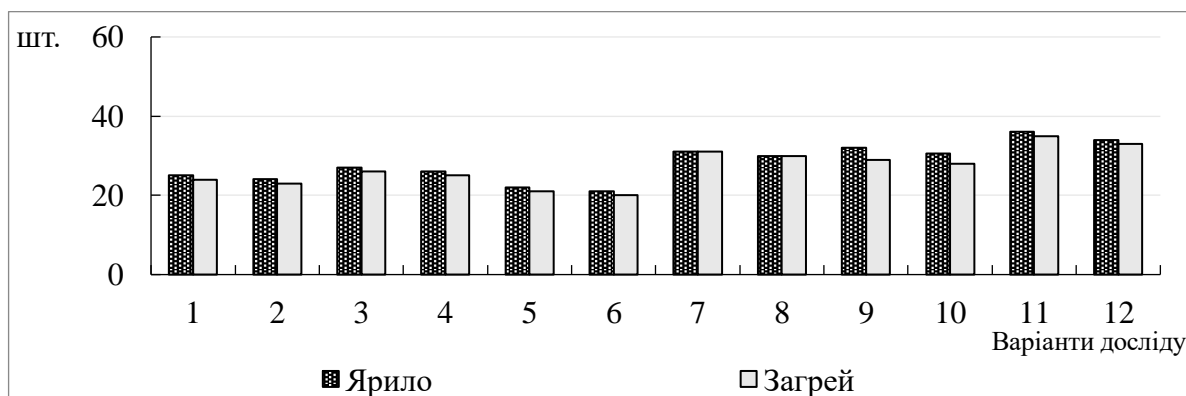
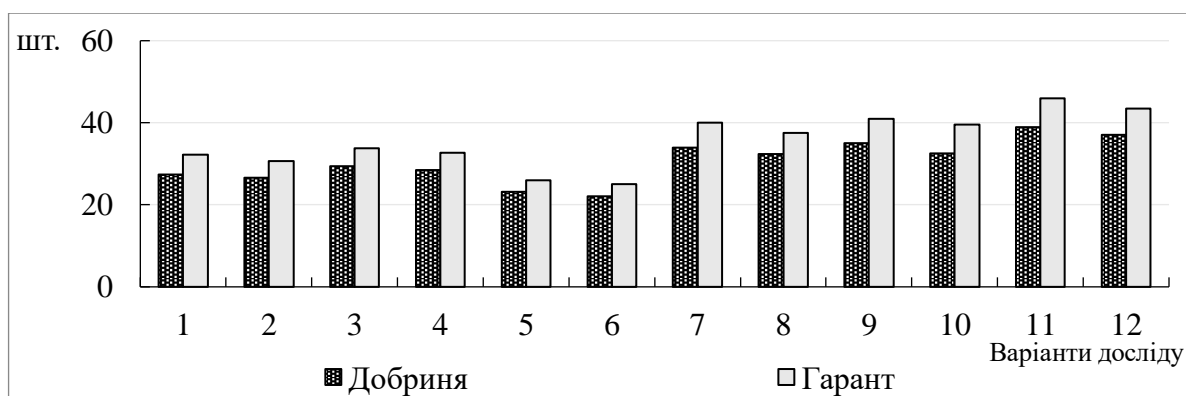
фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП; 0,3 мг/л ІОК), мали більшу кількість продихів.

У контрольних варіантах, де мікроклони винограду культивували на стандартному поживному середовищі MS, кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> нижнього епідермісу листків становила 26,7–27,4 шт. у мікроклонів сорту «Добриня» та 30,7–32,2 шт. у сорту «Гарант», у технічних сортів цей показник був нижчим – 24,2–25,0 шт. у сорту «Ярило» та 23,0–24,0 шт. у сорту «Загрей». Загальна кількість продихів на площу листкової пластинки дорівнювала 469,3–493,8 і 499,9–643,3 шт. у підщепних та 323,8–357,5 і 292,1–314,4 шт. у технічних сортів (рис. 6.1).

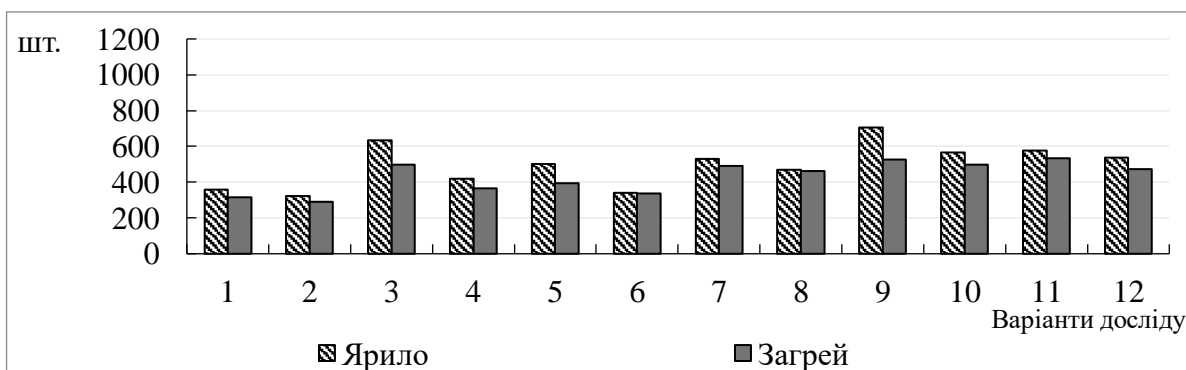
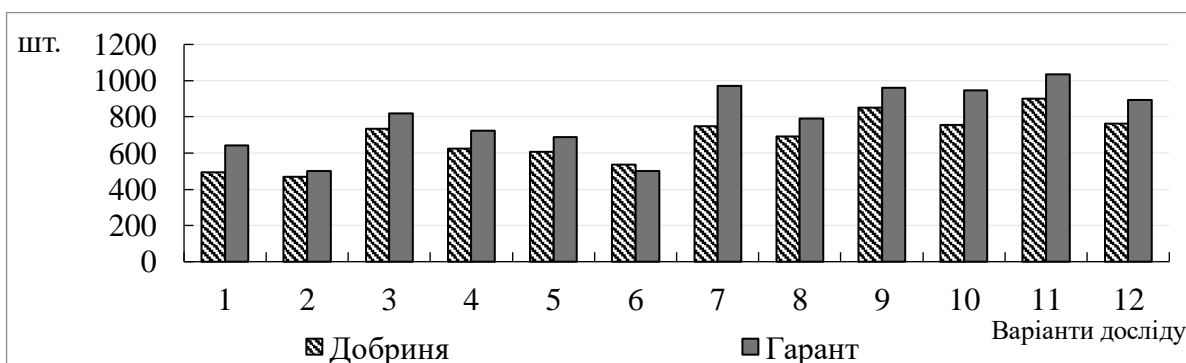
Найбільші показники встановлені у варіантах із використанням суміші агроперліту і вермикуліту у поживному середовищі MS (одинадцятий і дванадцятий варіанти). Так, у сорту «Добриня» кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> дорівнювала 37,0–39,0 шт., їх загальна кількість на листковій пластинці дорівнювала 762,2–900,9 шт., що було більшим порівняно з контролем відповідно на 38,7–42,2 та 62,4–82,4 %. Подібна закономірність була встановлена і для сорту «Гарант». У технічних сортів «Ярило» і «Загрей» вказані показники також перевищували контрольні значення: у сорту «Ярило» на 40,7–44,0 % за кількістю продихів на 1 мм<sup>2</sup> (34,0–36,0 шт.) та на 61,1–65,9 % за загальною кількістю на листковій пластинці (537,2–576,0 шт.), у сорту «Загрей» – відповідно на 43,5–45,8 % (33,0–35,0 шт.) та на 61,6–69,2 % (471,9–532,0 шт.).

Застосування БАП, Радіфарм (третій і четвертий варіанти), також сприяло збільшенню цих показників порівняно з контролем. У підщепних сортів кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> збільшувалася до 28,5–33,8 шт. (що на 4,9–7,3 % більше контролю), а загальна кількість продихів на листковій пластинці – до 624,2–820,3 шт. (що на 27,5–49,0 % більше контролю).

У технічних сортів було встановлено аналогічну закономірність: за кількістю продихів на 1 мм<sup>2</sup> перевага над контролем дорівнювала 7,6–8,7 %, за кількістю продихів на листковій пластинці – на 25,0–77,1 %. У варіантах із застосуванням Clonex gel (п'ятий, шостий варіанти) ці показники були на



I



II

Рис. 6.1. Формування продихового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ

I – кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup>; II – загальна кількість продихів на листовій пластинці

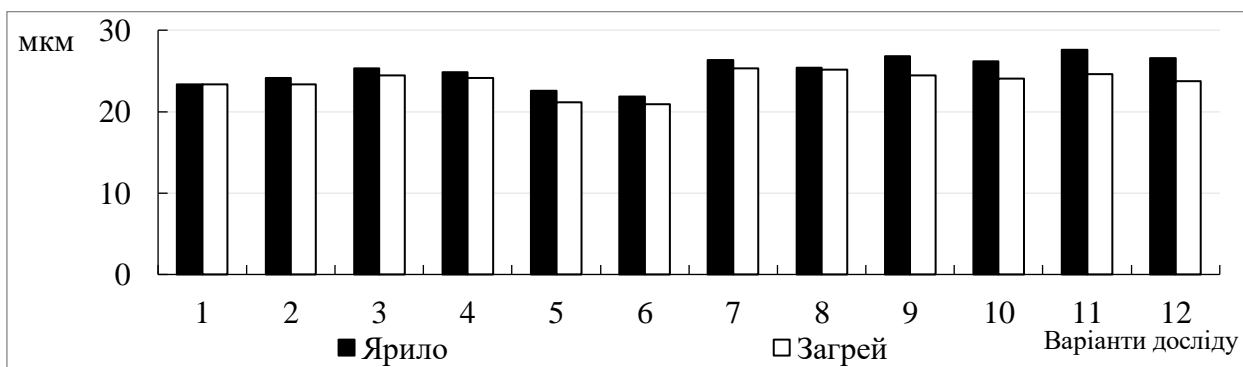
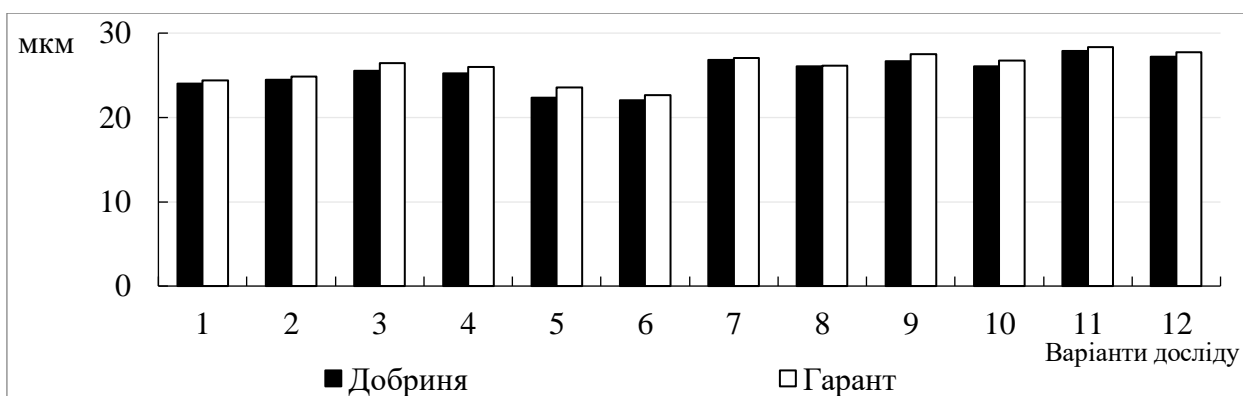
рівні контролю (кількість продихів на листковій пластинці) та менші за його значення (кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup>).

Порівняно з контролем використання структуроутворювальних компонентів у складі поживного середовища (сьомий–десятий варіанти) сприяло найбільш вираженому збільшенню кількості продихів. У мікроклонів сорту «Добриня» за кількістю продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки перевищення контрольних значень дорівнювало 21,5–27,9 %, за загальною кількістю продихів на листковій пластинці – 47,0–72,0 %, у сорту «Гарант» відповідно – 22,3–28,8 % і 49,1–89,7 %, у сорту «Ярило» – 20,0–32,4 % і 30,9–86,5 %, у сорту «Загрей» – 20,8–30,4 % і 55,8–70,6 %. Це підтверджує ефективність використання структурованих поживних середовищ для ефективного формування продихового апарату.

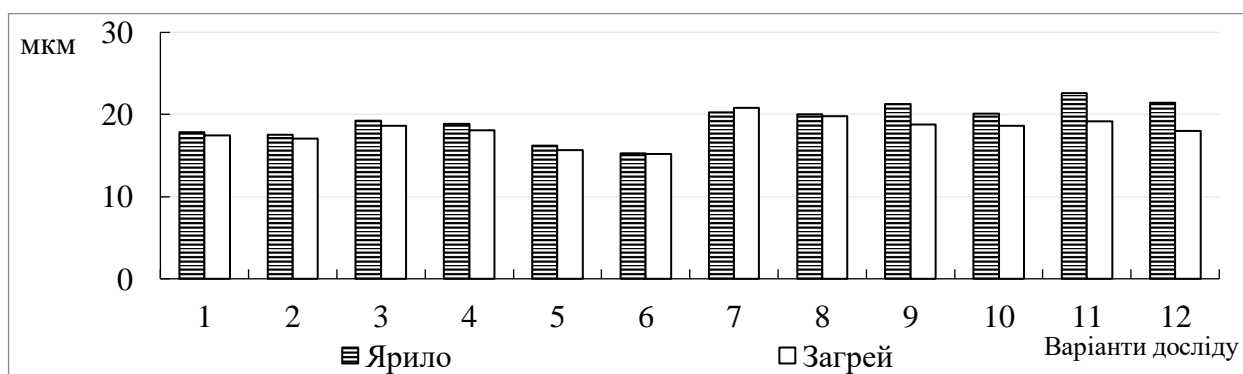
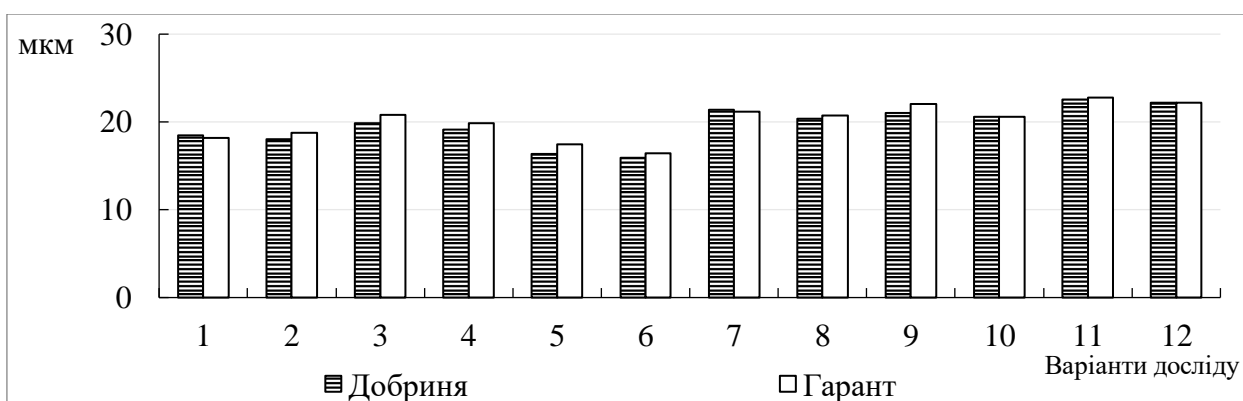
Загалом спостерігалася стійка тенденція до того, що нижчі концентрації фітогормонів у поживному середовищі (0,3 мг/л ІОК; 0,2 мг/л 6-БАП) забезпечували утворення більшої кількості продихів як на 1 мм<sup>2</sup>, так і загалом на всій площі листкової пластинки. Така перевага була у межах 4,4–5,1 % за кількістю продихів на 1 мм<sup>2</sup> площі листкової пластинки та у межах 13,4–20,6 % за загальною кількістю продихів листкової пластинки.

*Кількісні параметри продихів.* Проведений аналіз кількісних показників продихів мікроклонів сортів винограду «Добриня», «Гарант», «Ярило» і «Загрей» виявив значущі відмінності між контрольним та дослідними варіантами.

У мікроклонів підщепних сортів контрольних варіантів (перший, другий) довжина продихів становила в середньому 24,0–24,5 мкм, ширина – 18,0–18,5 мкм у сорту «Добриня» та 24,4–24,9 мкм і 18,2–18,8 мкм у сорту «Гарант» відповідно. У мікроклонів технічних сортів контрольні значення цих показників були дещо меншими: у сорту «Ярило» довжина продихів дорівнювала 23,4–24,2 мкм, ширина – 17,6–17,8 мкм, у сорту «Загрей» – 23,3–23,4 мкм та 17,1–17,5 мкм відповідно (рис. 6.2).



I



II

Рис. 6.2. Довжина і ширина продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ

I – довжина продихів; II – ширина продихів

Внесення до поживного середовища препарату Радіфарм забезпечувало збільшення довжини продихів у межах 25,2–26,5 мкм у підщепних і 24,2–25,3 мкм у технічних сортів, що перевищувало контроль на 3,2–8,5 % і 2,7–8,5 %. Ширина продихів також збільшувалась до 19,1–20,8 мкм (що на 5,5–14,4 % більше контролю) і 18,1–19,2 мкм (що на 6,0–8,0 % більше контролю). Застосування препарату Clonex gel не дало очікуваного результату, розмірні характеристики продихів епідермісу листкової пластинки були меншими за контрольні.

Найбільші за розмірами продихи були характерні для мікроклонів у сьомому–дванадцятому варіантах. У середньому для сорту «Добриня» довжина продихів збільшувалась до 26,1–27,9 мкм, ширина – до 20,3–22,5 мкм, що було більше за контрольні величини на 6,5–15,8 % і на 12,9–23,1 %. Для сорту «Гарант» ці значення дорівнювали 26,2–28,3 мкм і 20,6–22,8 мкм відповідно, що було більше за контрольні величини на 5,3–16,1 % (довжина) і на 9,5–25,1 % (ширина). У технічних сортів відзначили подібну тенденцію.

Порівняння варіантів із різним фітогормональним складом поживного середовища показало, що менші концентрації фітогормонів у більшості випадків, сприяли формуванню більших за розмірами продихів.

Розміри продихів важливі для адаптації мікроклонів, оскільки надто великі та широко відкриті продихи, характерні для рослин із культури *in vitro*, погано закриваються і спричиняють інтенсивну втрату води при перенесенні до умов *in vivo*. Великі й неправильно функціонуючі продихи призводять до швидкого в'янення мікроклонів [220].

*Ширина замикаючих клітин продихів.* Важливою анатомічною характеристикою продихового апарату є ширина замикаючих клітин, оскільки саме цей показник визначає функціональну здатність продихів до відкриття та закривання. Вужчі замикаючі клітини є більш сприятливими для адаптації, оскільки вони формують меншу продихову щілину, яка краще контролює втрати води та знижує ризик швидкого висихання листка після перенесення рослин у неконтрольовані умови [220]. Дослідження впливу

різних умов культивування мікроклонів винограду показало істотні відмінності цього показника залежно від фітогормонального складу середовища, застосування стимуляторів росту та використання мінеральних субстратів.

У мікроклонів варіантів, де до поживного середовища вносили препарат Радіфарм, відзначалася тенденція до помірного збільшення ширини замикаючих клітин продихів: у сорту «Добриня» – до 4,3–4,4 мкм, у сорту «Гарант» – 4,0–4,9 мкм, що було більшим за контрольні значення на 7,0–10,1 %. У сорту «Ярило» – до 4,5–4,7 мкм, у сорту «Загрей» – до 4,2–4,4 мкм, що було більшим за контрольні значення на 2,7–14,0 % (рис. 6.3).

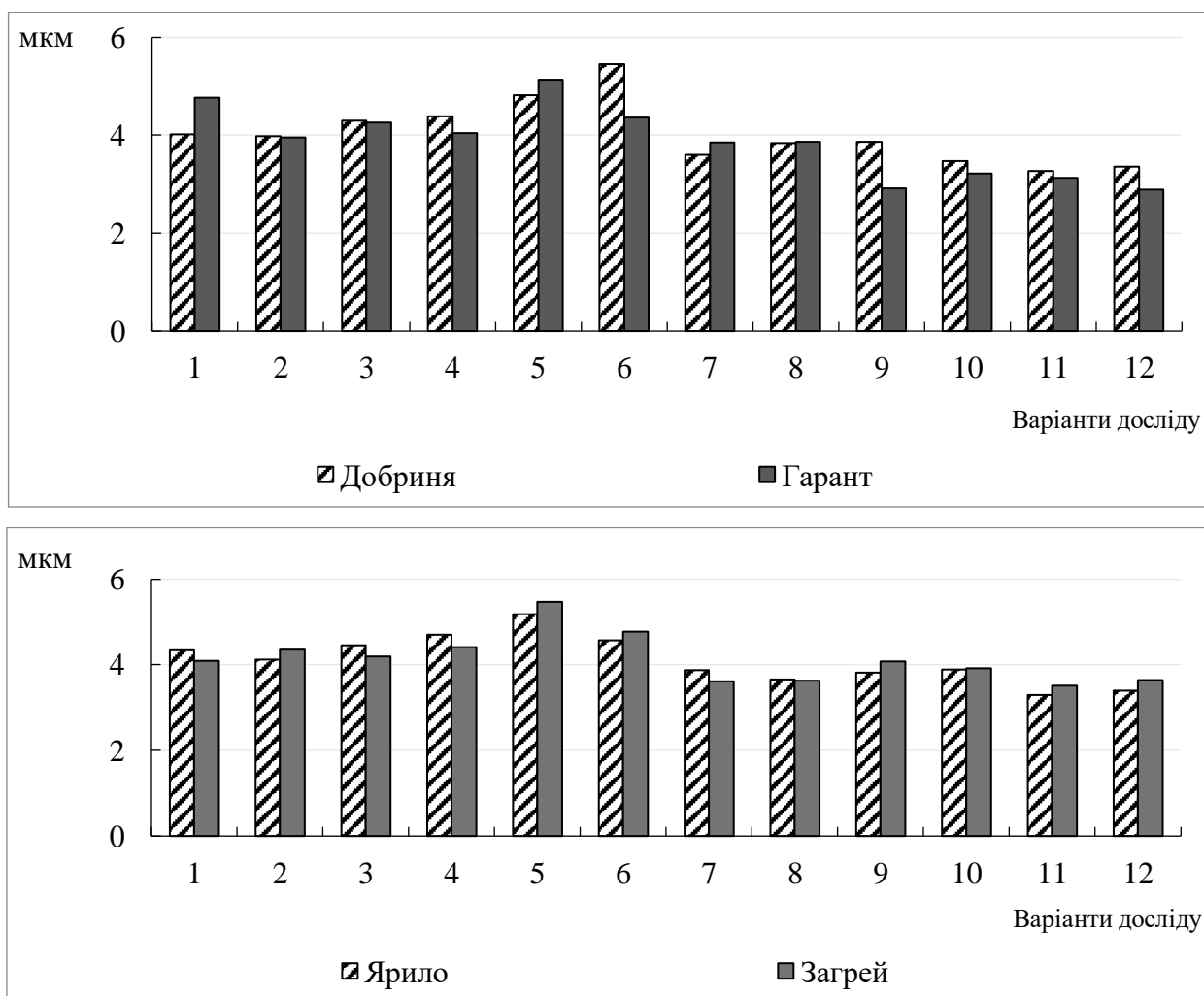


Рис. 6.3. Ширина замикаючих клітин продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ

Застосування препарату Clonex gel сприяло значному збільшенню ширини замикаючих клітин продохів у всіх сортах: 4,8–5,4 мкм («Добриня»), 4,4–5,1 мкм («Гарант»), 4,6–5,2 мкм («Ярило»), 4,8–5,5 мкм, при 4,0–4,8 мкм у контролях.

*Ширина продигової щілини.* Одним із показників, що визначають функціональний стан продигового апарату, є ширина продигової щілини. Вона змінюється залежно від умов культивування та поєднання компонентів середовища, відображаючи адаптаційні можливості мікроклонів винограду. Так, у мікроклонів підщепних сортів контрольних варіантів цей показник дорівнював 10,2–10,5 мкм у підщепних сортів та 10,0–10,3 мкм у технічних сортів (рис. 6.4).

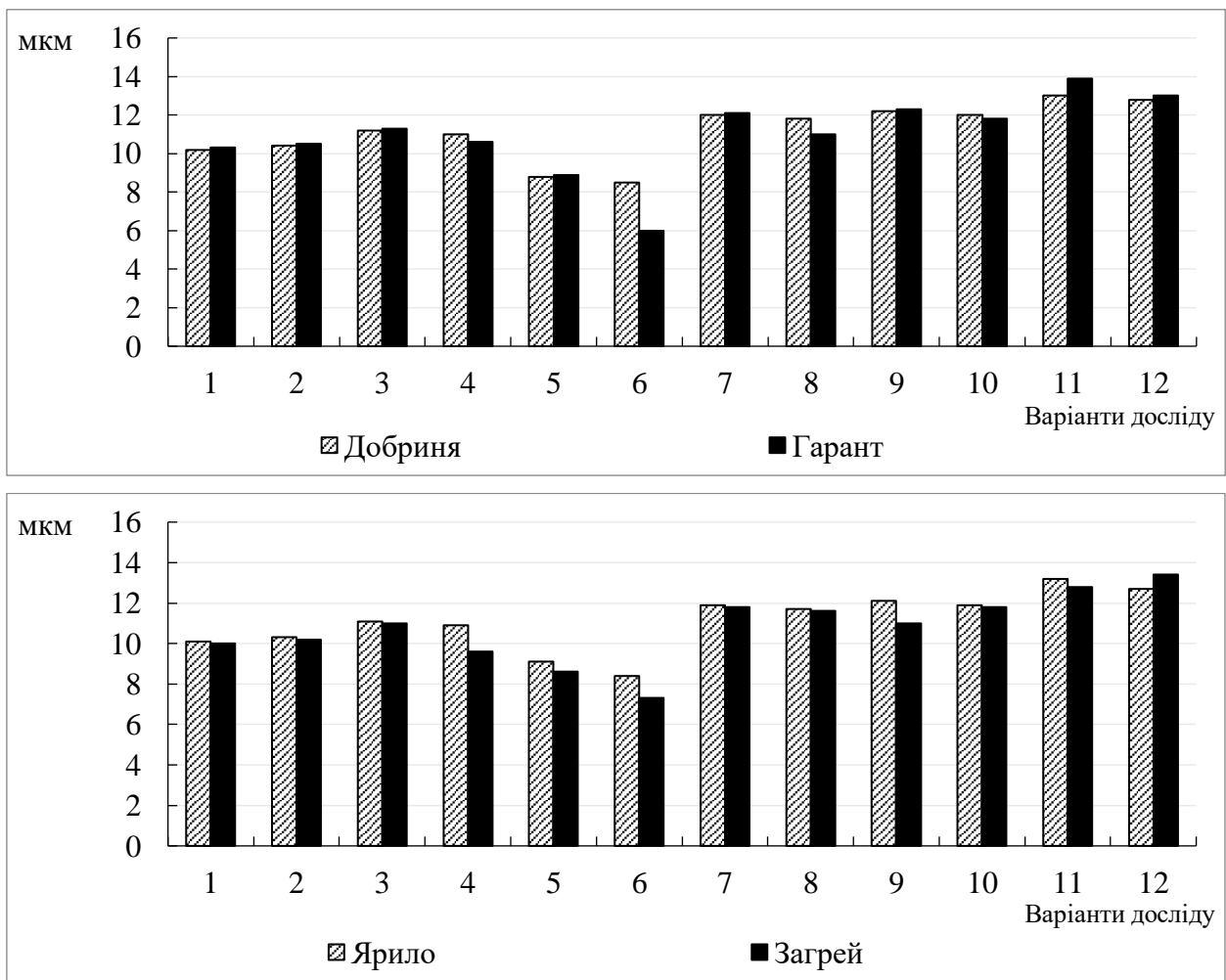


Рис. 6.4. Ширина продигової щілини продигового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ

Найбільших значень він досягав після внесення у поживне середовище MS суміші агроперліту і вермикуліту (одинадцятий і дванадцятий варіанти). У сорту «Добриня» цей показник дорівнював 12,8–13,0 мкм, у сорту «Гарант» – 13,0–13,9 мкм, у сорту «Ярило» – 12,7–13,2 мкм, у сорту «Загрей» – 12,8–13,4 мкм, що перевищувало контролю в середньому на 23,1–35,0 % (підщепні сорти), на 23,3–31,4 % (технічні сорти). При культивуванні мікроклонів винограду на структурованих поживних середовищах з агроперлітом чи вермикулітом ширина продихових щілин продихів нижнього епідермісу листків сортів «Добриня» та «Гарант» дорівнювала 11,0–12,3 мкм і збільшувалась відносно контролю на 4,8–19,6 %, сортів «Ярило» та «Загрей» – вона дорівнювала 10,0–19,8 мкм і збільшувалася відносно контролю на 13,6–19,8 %.

Внесення біологічно активних препаратів до складу поживного середовища сприяло помірному збільшенню продихової щілини продихів відносно контрольних значень, але цей показник залишався меншим відносно варіантів із структурованими поживними середовищами. Порівняно з контролем ширина продихових клітин продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів «Добриня», «Гарант» збільшувалась на 5,8–9,8 % та 1,0–9,7 %, листків мікроклонів «Ярило» і «Загрей» – відповідно на 5,8–9,9 % і 1,0–10,0 %. У мікроклональних рослин п'ятого і шостого варіантів (препарат Clonex gel) цей показник був меншим за контрольні значення (зменшення відносно контролю дорівнювало 9,9–42,9 % (середнє за всіма сортами)).

У мікроклонів винограду, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів, формувалися продихи з більшою шириною продихової щілини, порівняно з аналогічними варіантами, але з більшим вмістом фітогормонів у поживному середовищі. У середньому таке збільшення було у межах 0,9–2,4 %.

*Площа продихів.* Площа продихів є комплексним показником, що поєднує зміни довжини, ширини та ширини продихової щілини, і

безпосередньо визначає ефективність газообміну та транспірацію. Площа продиху визначає, наскільки багато повітря та водяної пари може пройти через продих під час його роботи. Для адаптації краще, коли площа менша, оскільки це знижує втрати води й робить продихи більш керованими після виходу з умов *in vitro* [220]. Отримані результати свідчать про істотну варіабельність цього показника залежно від умов культивування та фітогормонального складу поживного середовища. Так, у рослин першого і другого варіантів площа продихів нижнього епідермісу листків підщепних сортів дорівнювала 346,0–366,7 мкм<sup>2</sup>, у технічних – цей показник дорівнював 312,7–332,9 мкм<sup>2</sup> (рис. 6.5).

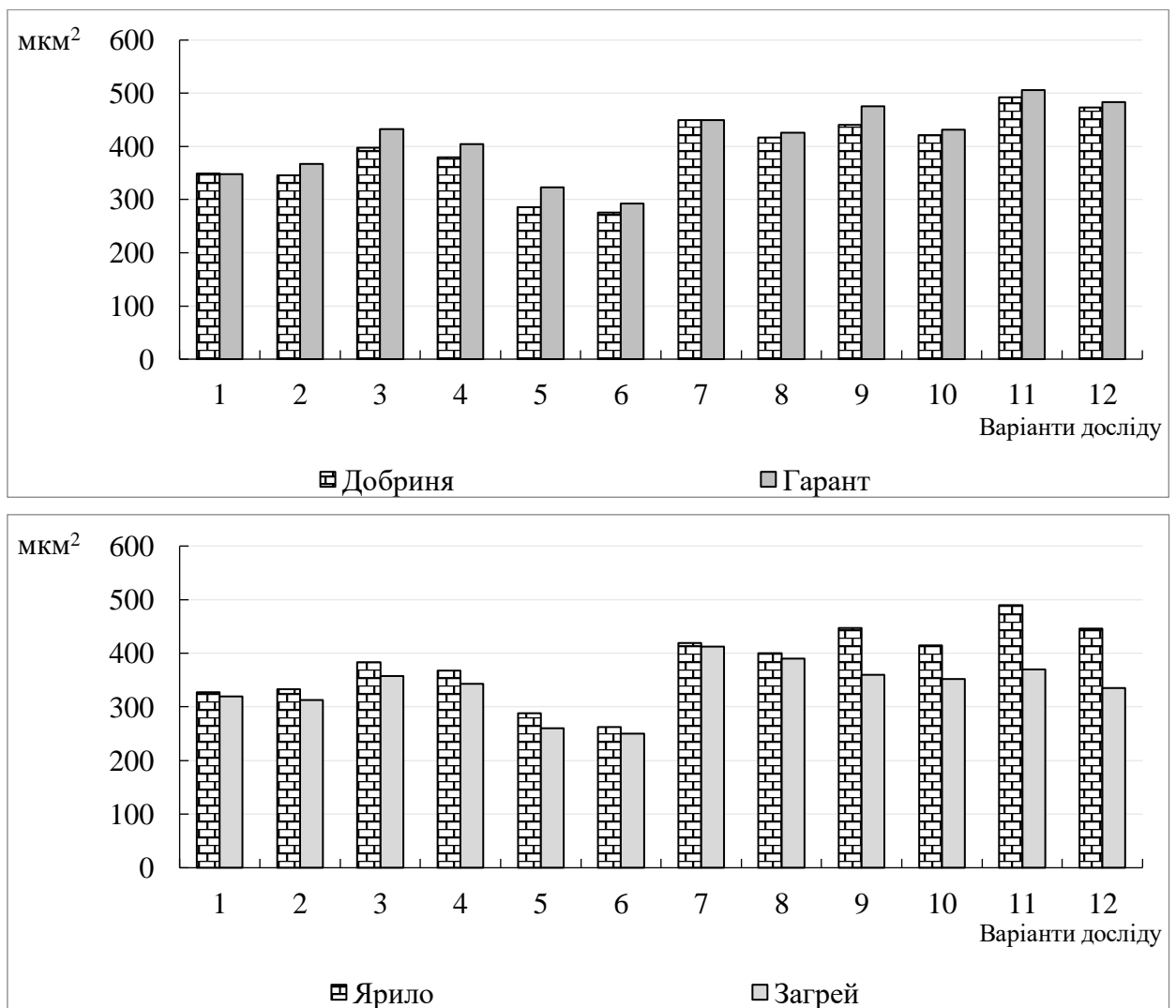


Рис. 6.5. Площа продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних середовищ

Культивування мікроклонів винограду на структурованих поживних середовищах (сьомий–дванадцятий варіанти) характеризувалося збільшенням цього показника найбільш суттєво. У підщепних сортів цей показник перевищував контроль у середньому на 20,5–41,1 % («Добриня»), на 16,2–45,2 % («Гарант») та дорівнював 416,8–492,7 мкм<sup>2</sup>, 426,1–505,4 мкм<sup>2</sup>, у технічних сортів – на 20,2–49,9 % («Ярило») і 7,4–29,1 % («Загрей») та дорівнював 400,3–490,1 мкм<sup>2</sup>, 335,7–413,0 мкм<sup>2</sup>.

Максимальна площа продихів була характерна для мікроклональних рослин винограду одинадцятого варіанту. Відносно, цей показник збільшувався на 41,1–45,2 % і дорівнював 492,7–505,4 мкм<sup>2</sup> для сортів «Добриня» і «Гарант» та на 15,5–49,9 % і дорівнював 369,7–490,1 мкм<sup>2</sup> для сортів «Ярило» і «Загрей».

Застосування препарату Радіфарм (третій, четвертий варіанти) також сприяло збільшенню площі продихів: у підщепних сортів вона зростала до 379,0–432,1 мкм<sup>2</sup> (збільшувались відносно контролю на 9,5–24,1 %), у технічних – до 342,8–382,9 мкм<sup>2</sup> (збільшуючись відносно контролю на 9,6–17,1 %). Застосування препарату Clonex gel не дало очікуваних результатів і вказаний показник був меншим за контрольні значення.

Порівняння цього показника за варіантами, де поживні середовища відрізнялися вмістом фітогормонів, показало, що за меншого їх вмісту площа продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду була більшою. Така перевага знаходилась у межах 4,5–5,4 % для сортів «Добриня» і «Гарант» та 4,9–5,9 % для сортів «Ярило» і «Загрей».

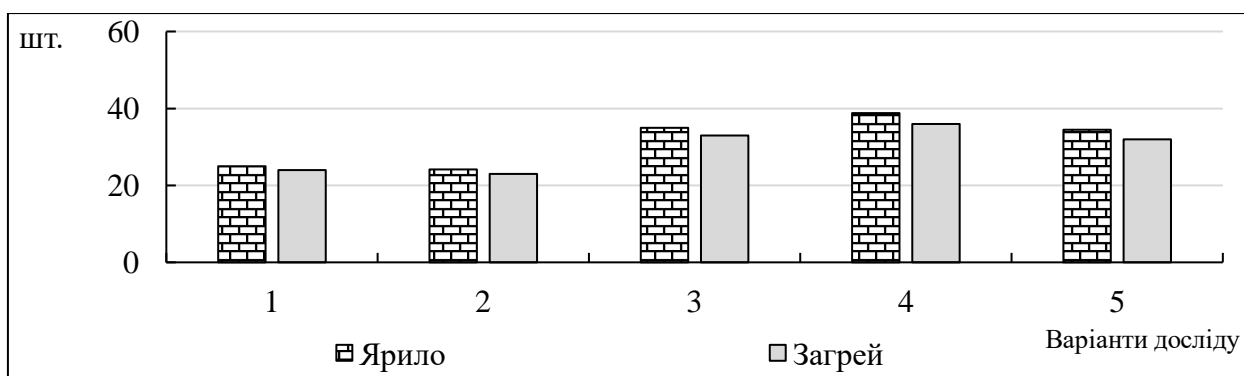
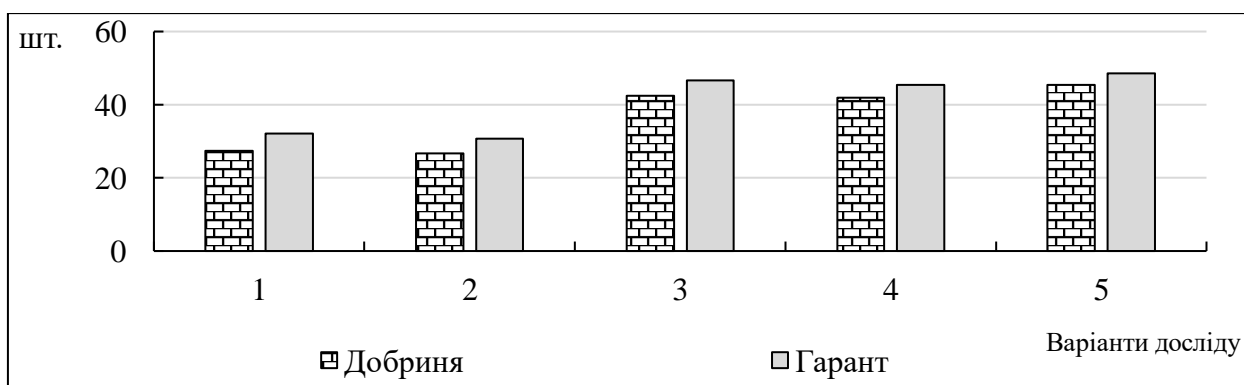
Проведене дослідження показало, що ефективність функціонування дихального апарату визначається не лише розмірними характеристиками окремих продихів, а й їх кількістю на одиницю площі листка. Найбільша площа продихів формувалася на структурованих поживних середовищах, і водночас саме тут відзначено збільшення їх щільності, що в комплексі створює передумови для посилення газообміну та транспіраційної активності. Проте надмірне збільшення площі та кількості продихів може

потенційно призводити до значних втрат води, що є ризикованим на етапі адаптації рослин в умовах *in vivo*.

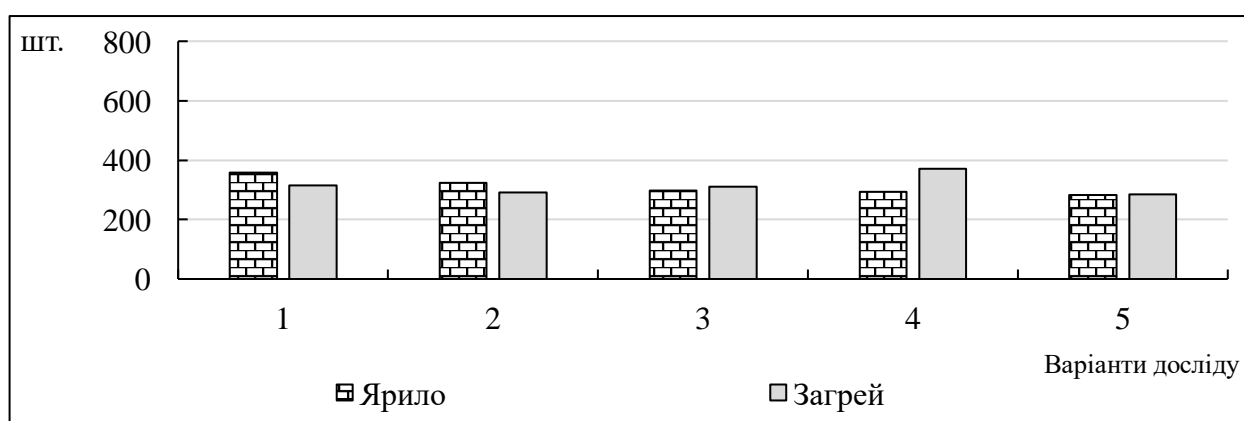
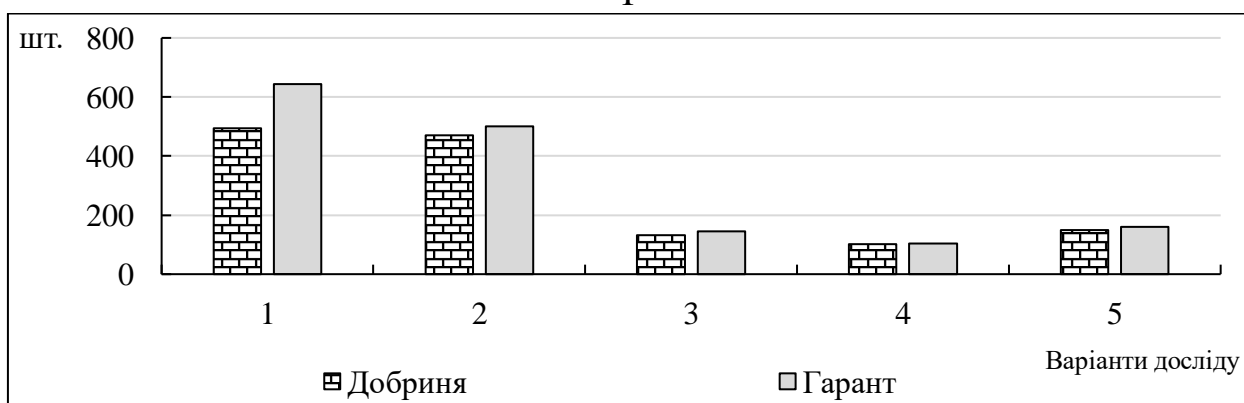
*Поживні субстрати.* Кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки у мікроклонів технічних і підщепних сортів винограду, які культивували на мінеральних субстратах, загалом була більшою порівняно з мікроклональними рослинами контрольних варіантів, але загальна кількість продихів на листкову пластинку зменшувалась, що пояснюється формуванням менших за розмірами листкових пластинок. У сорту «Добриня» кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> дорівнювала 27,1 шт., загальна кількість продихів на листкову пластинку – 481,6 шт., у сорту «Гарант» – відповідно 31,4 шт. та 571,6 шт., у сорту «Ярило» – 24,6 шт. та 340,7 шт., у сорту «Загрей» – 23,5 шт. та 303,3 шт. (рис. 6.6).

Найбільшу кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> листка у підщепних сортів («Добриня» і «Гарант») забезпечувало культивування на суміші агроперліт + вермикуліт (п'ятий варіант), у технічних сортів – культивування на вермикуліті (четвертий варіант). Так, у мікроклонів сорту «Добриня» у вказаному варіанті формувалося 45,3 шт. продихів на 1 мм<sup>2</sup>, що перевищувало контроль на 67,6 %, але у перерахунку на площу листкової пластинки загальна кількість продихів була меншою за контроль на 68,9 %. Аналогічну тенденцію спостерігали у мікроклонів сорту «Гарант» та технічних сортів винограду. На 1 мм<sup>2</sup> формувалось 32,0–34,5 шт. продихів, що перевищувало контроль на 36,2–40,3 %, проте за загальною кількістю продихів на листкову пластинку дослідні варіанти поступались контролю на 6,1–17,0 %.

У мікроклонів, які культивували на агроперліті та вермикуліті (третій, четвертий варіанти), кількість продихів на одиницю площі листка дорівнювала 42,2 шт. («Добриня»), 46,6 та 45,3 шт. («Гарант»), 38,8 та 34,5 шт. («Ярило»), 36,0 і 32,0 шт. («Загрей»), що було більшим за контрольні значення на 48,3–56,7 % і 44,3–55,3 % (підщепні сорти) та на 42,4–53,2 %, 36,2–41,4 % (технічні сорти).



I



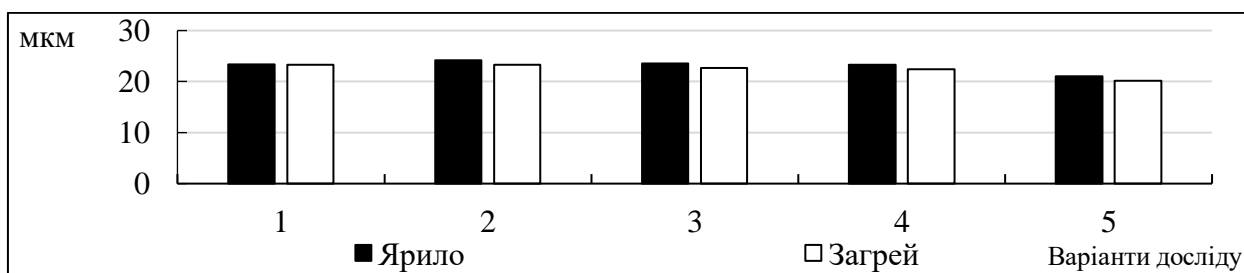
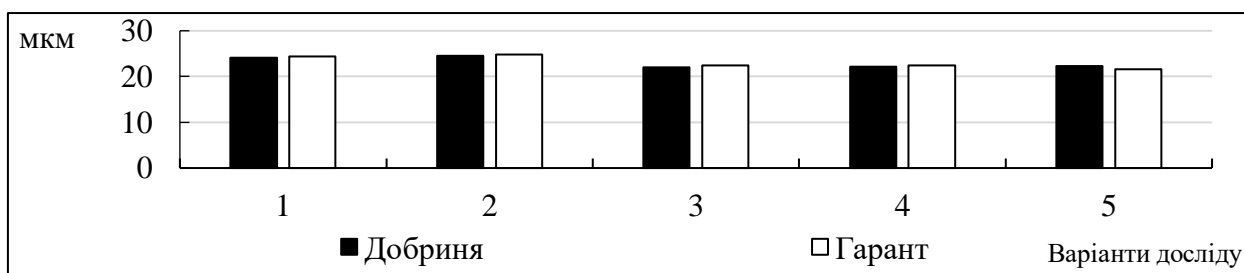
II

Рис. 6.6. Формування продихового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на поживних субстратах

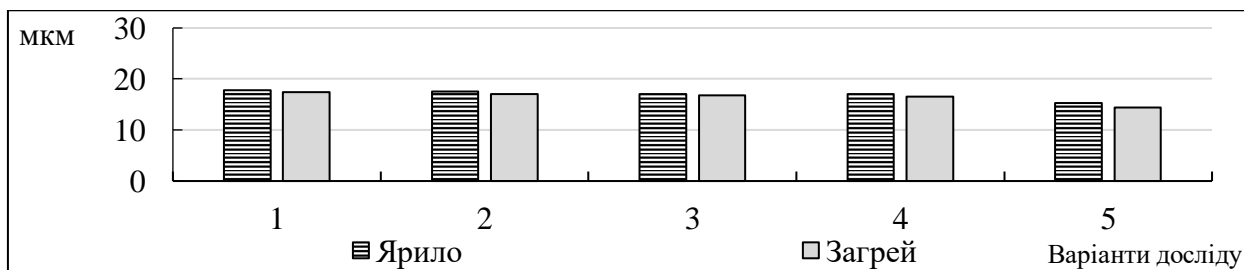
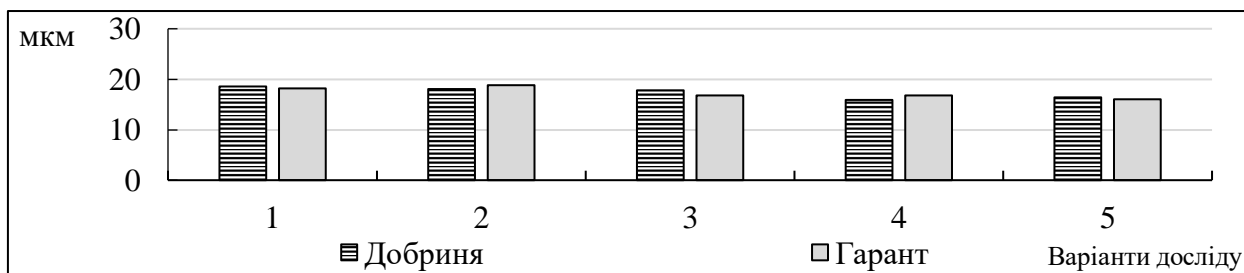
I – кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup>; II – загальна кількість продихів на листковій пластинці

Водночас, за показником загальної кількості продихів на листковій пластинці відзначали зменшення на 72,7–74,7 % і 79,1–81,8 %, 0,7–71,2 % і 10,7–72,7 %.

*Кількісні параметри продихів.* Для мікроклонів першого і другого варіантів (контролі) довжина і ширина продихів для підщепних сортів дорівнювала 24,0–24,9 мкм і 18,0–18,8 мкм, для технічних – 23,3–24,2 мкм і 17,1–17,8 мкм (рис. 6.7).



I



II

Рис. 6.7. Довжина і ширина продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів

I – довжина продихів; II – ширина продихів

*Ширина замикаючих клітин продихів.* Середня ширина замикаючих клітин продихів нижнього епідермісу у мікроклонів контрольних варіантів (перший і другий) становила у підщепних сортів 4,0–4,8 мкм, у технічних – 4,1–4,4 мкм (рис. 6.8).

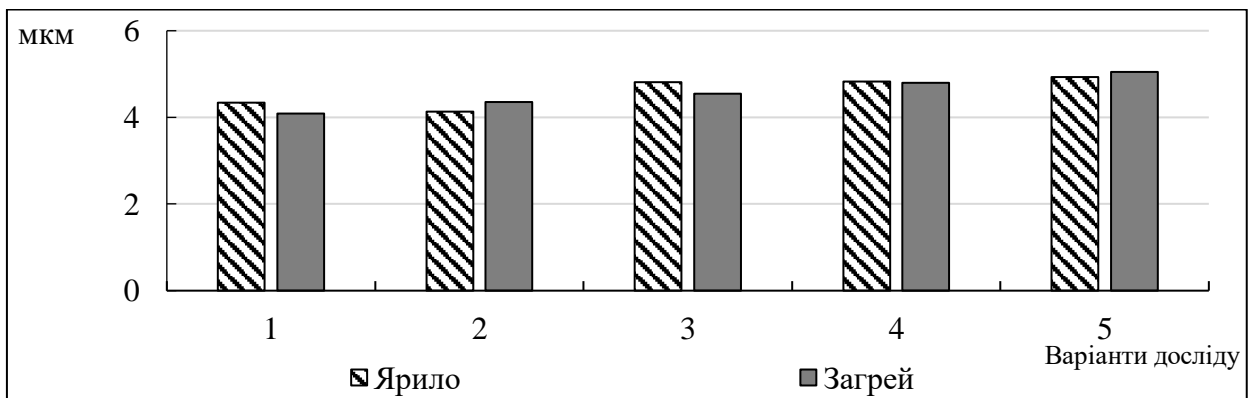
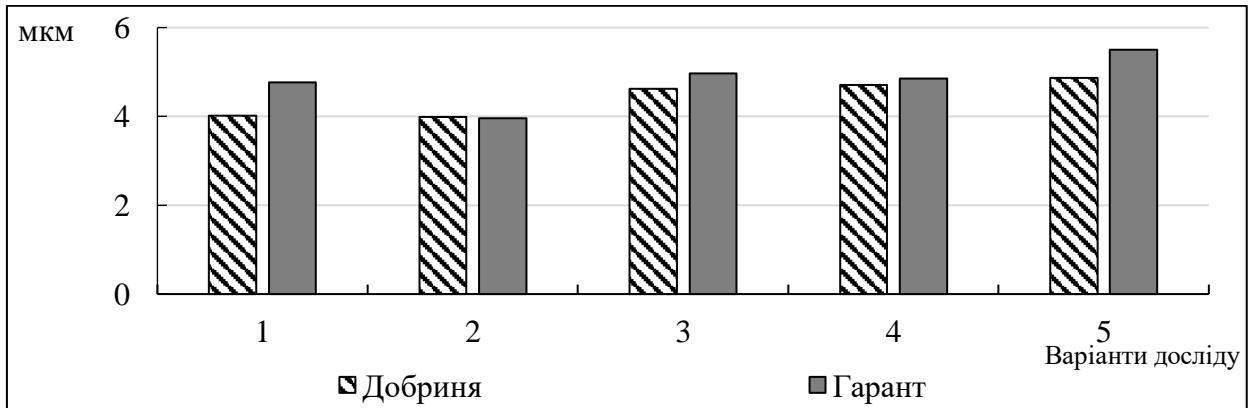


Рис. 6.8. Ширина замикаючих клітин продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів

Найбільша ширина замикаючих клітин продихів була у рослин п'ятого варіанту (агроперліт + вермикуліт): у сорту «Добриня» вона дорівнювала 4,9 мкм, у сорту «Гарант» – 5,5 мкм, у сорту «Ярило» – 4,9 мкм, у сорту «Загрей» – 5,1 мкм, що перевищувала контрольні значення відповідно на 21,4 %, 26,1 %, 16,4 %, 19,7 %.

У мікроклонів підщепних сортів третього й четвертого варіантів цей показник дорівнював 4,6–5,0 мкм, у мікроклонів технічних сортів відповідно 4,5–4,8 мкм, що було більше контрольних значень на 13,8–17,8 % (підщепні сорти) і на 7,6–13,9 % (технічні сорти).

Ширина продихової щілини нижнього епідермісу листків мікроклонів підщепних і технічних сортів у контрольних варіантах була майже однаковою – 10,0–10,3 мкм (рис. 6.9).

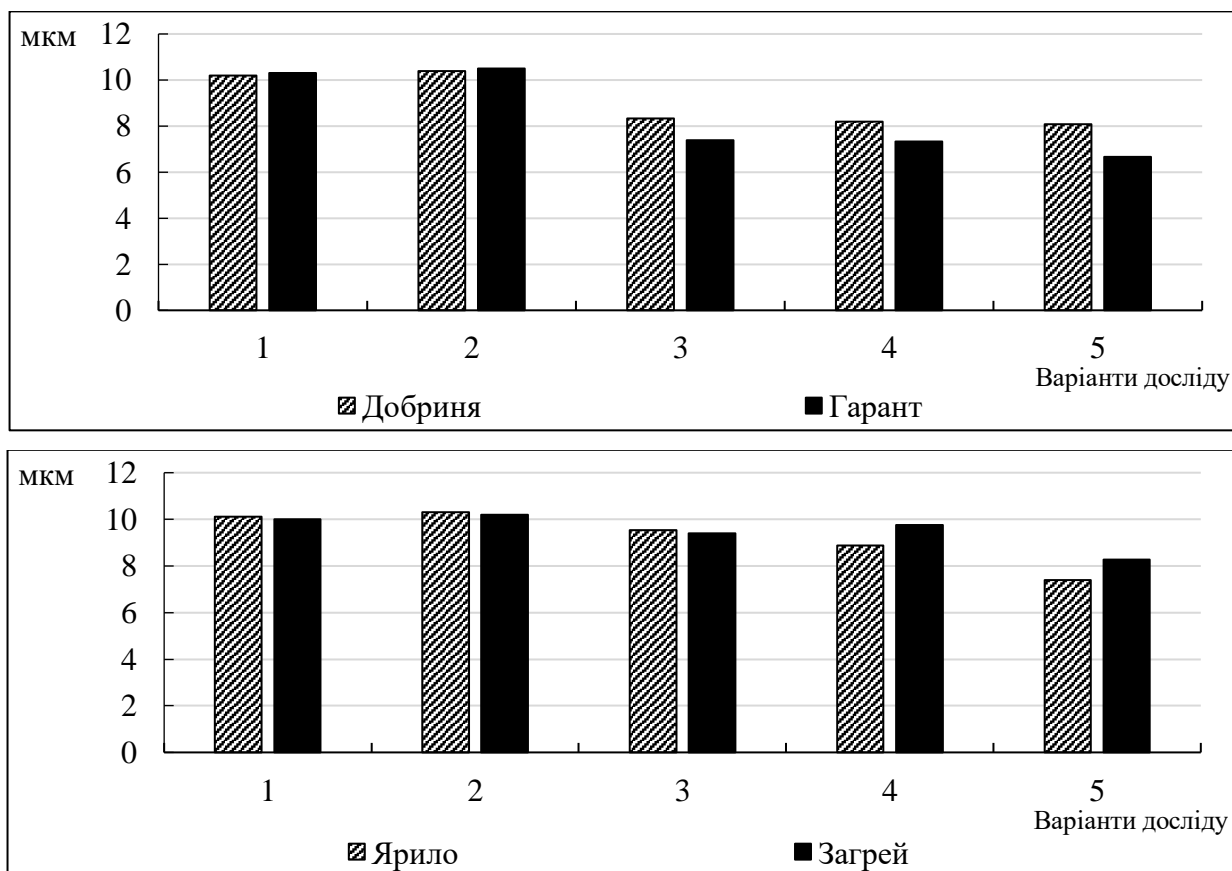


Рис. 6.9. Ширина продихової щілини продихового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів

У всіх дослідних варіантах спостерігалось достовірне зменшення цього параметра, відносно контролю на 19,5–39,0 %. Воно залежало від типу мінерального субстрату.

*Площа продихів.* У контрольних мікроклональних рослин сортів «Добриня» та «Гарант» встановлено вищі показники площі продихів порівняно з мікроклональними рослинами сортів «Ярило» і «Загрей» (рис. 6.10). Застосування у якості поживного субстрату агроперліту зумовило зниження площі продихів у підщепних сортів на 11,4–17,3 %, у технічних сортів цей показник залишався на рівні контролю.

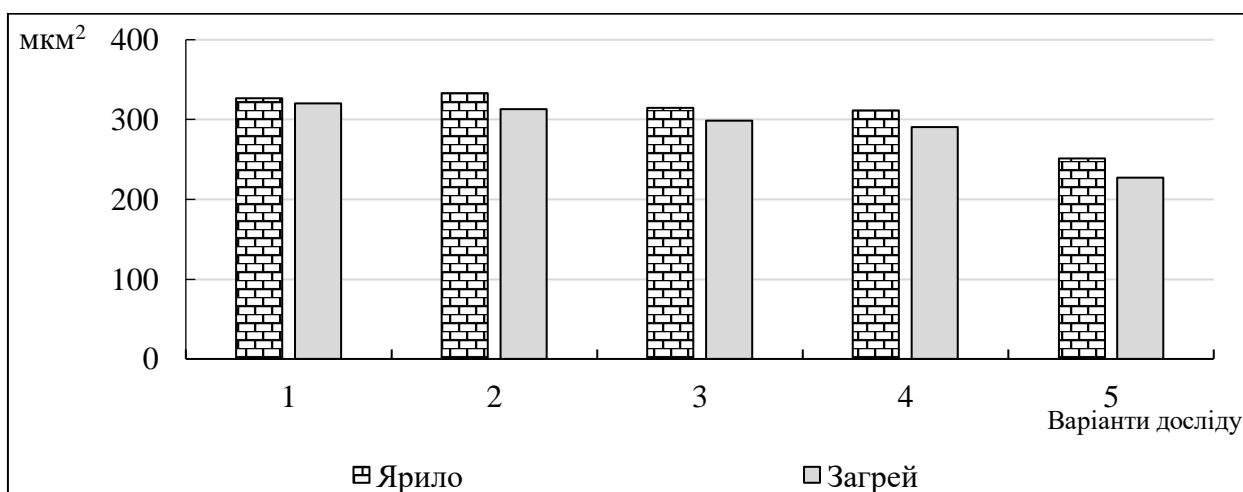
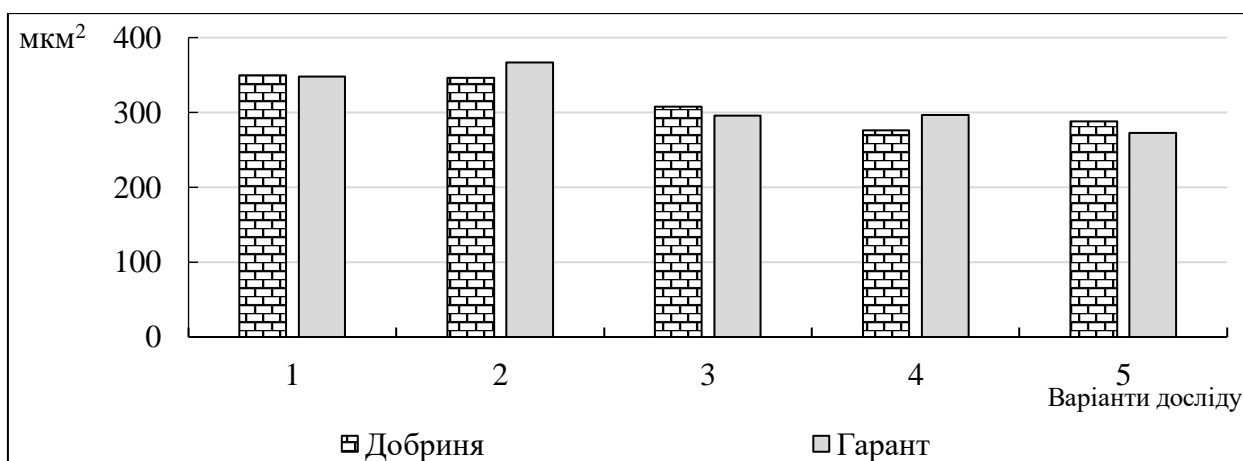


Рис. 6.10. Площа прорихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на різних типах поживних субстратів

Застосування вермикуліту зумовило подальше зменшення площі прорихів у підщепних сортів (на 17,0–20,6 %) при відсутності достовірних змін у технічних сортів. Найбільше зменшення площі прорихів відносно контролю зазначено у варіанті із застосуванням у якості поживного субстрату суміші агроперліту з вермикулітом. У даних варіантах цей показник зменшувався на 17,2–28,3 % залежно від сорту.

Таким чином, зменшення площі прорихів у мікроклонів винограду дослідних варіантів відображає анатомічні зміни прорихового апарату, які формують компактніший і більш стійкий до стресових умов тип прорихів, забезпечуючи рослинам кращу адаптивну здатність під час переходу до умов *in vivo*.

## 6.2. Умови *in vivo*

Дослідження особливостей формування продихового апарату нижнього епідермісу листків проводили і у мікроклонів винограду сортів, адаптованих до умов *in vivo*. Рослини адаптували на суміші мінеральних субстратів агроперліт + вермикуліт. Порівняння проводили із контрольними мікроклональними рослинами, які культивували *in vitro* на поживному середовищі MS із меншим вмістом фітогормонів (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП).

У контрольних рослин, що культивували на поживному середовищі (*in vitro*), кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> дорівнювала 26,1–27,2 шт., а їх загальна кількість на листову пластинку – 396,3–452,3 шт. (табл. 6.1, рис. 6.11).

Натомість, у мікроклонів винограду, переведених в умови *in vivo*, цей показник збільшився вдвічі: у сорту «Добриня» – 59,0 шт., при загальній кількості продихів на листову пластинку 1743,3 шт., у сорту «Гарант» – 60,7 і 1838,1 шт., у сорту «Ярило» – 66,5 і 1372,4 шт., у сорту «Загрей» – 63,2 і 1425,9 шт. Таким чином, порівняно з контролем продиховий апарат листків в умовах *in vivo* характеризувався збільшенням кількості продихів на 1 мм<sup>2</sup> (у 2,2–2,5 рази) та збільшенням їх кількості на листовій пластинці (у 3,2–4,3 рази).

Отримані результати свідчать також і про те, що в умовах *in vivo* відбувається загартування листової тканини й формування більшої кількості продихів, що є одним із адаптивних механізмів рослин до абіотичного стресу.

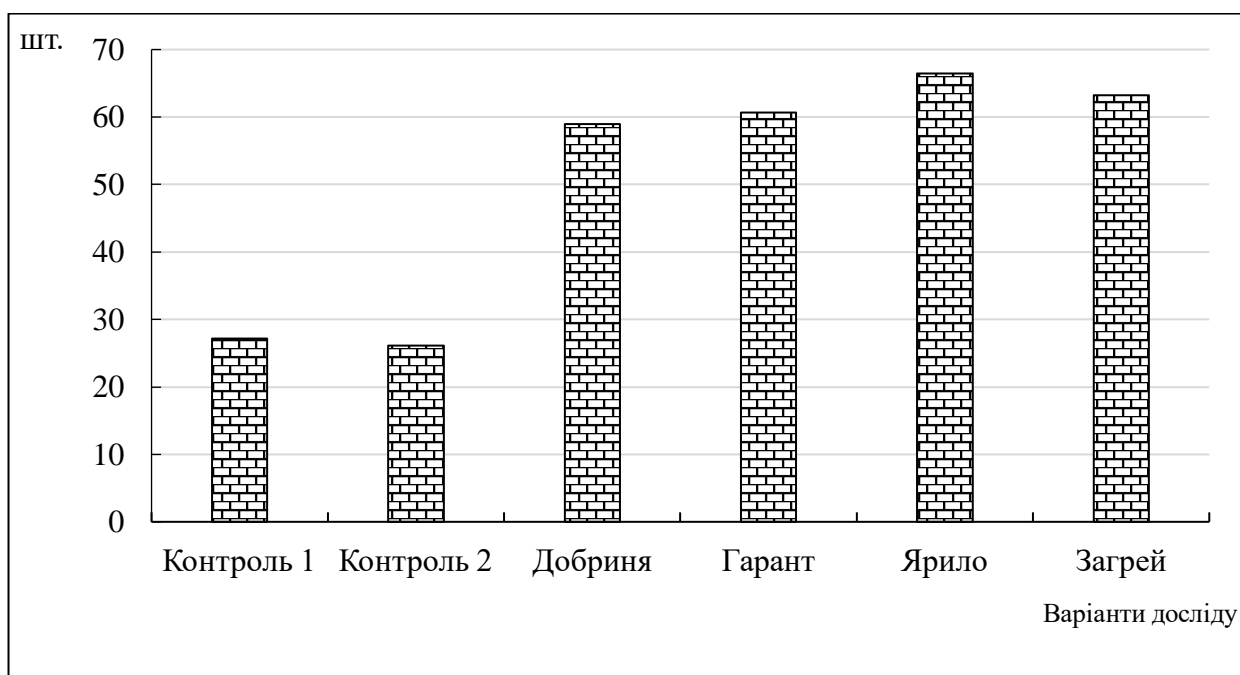
*Кількісні параметри продихів.* У контрольних рослин, які культивували на поживному середовищі *in vitro*, продихи загалом характеризувалися більшими розмірами довжини і ширини. Після переведення мікроклонів винограду до умов *in vivo* було відзначено зменшення морфометричних параметрів продихів: їх довжина зменшувалася до 17,8–18,2 мкм, а ширина – до 12,4–13,1 мкм, що було менше за контрольні значення на 24,1–25,9 % і 27,0–30,8 % (рис. 6.12).

Таблиця 6.1

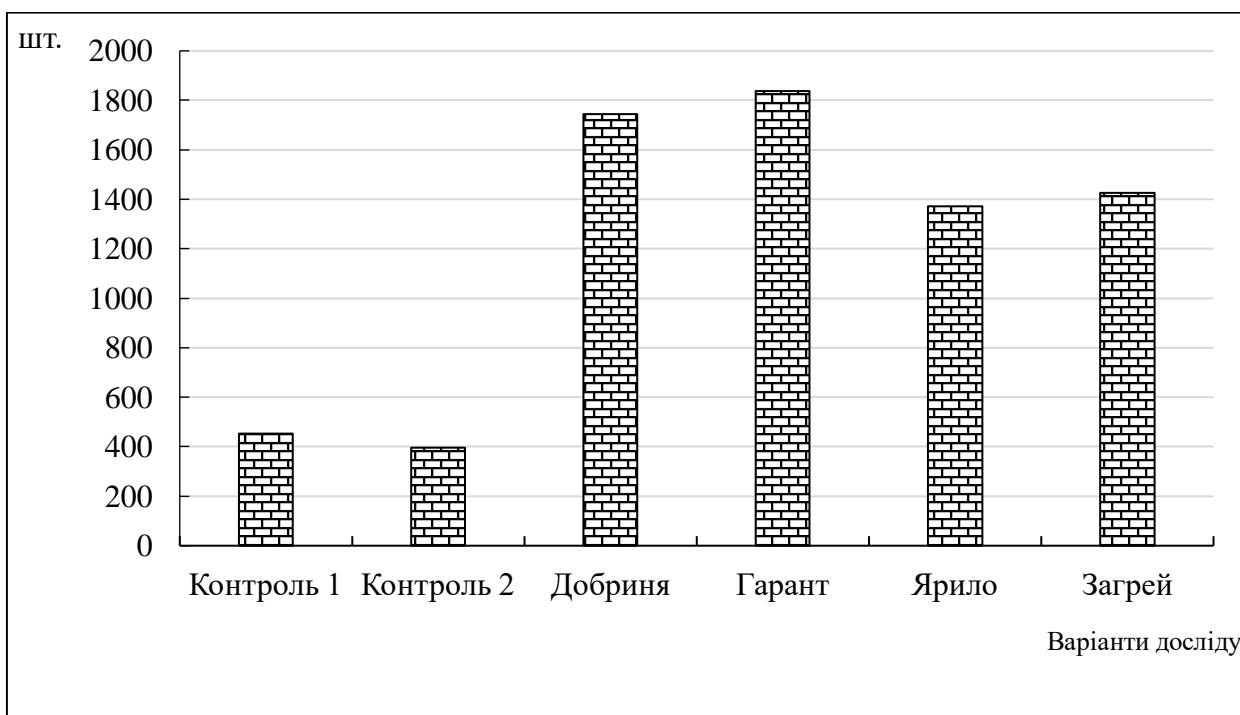
**Формування та структура продихового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду в умовах  
*in vivo***

| Варіанти досліду | Кількість продихів на 1 мм <sup>2</sup> , шт. | Загальна кількість продихів на листовій пластинці, шт. | Довжина продихів, мкм | Ширина продихів, мкм | Ширина замикаючих клітин, мкм | Ширина продихової щілини, мкм | Площа продихів, мкм <sup>2</sup> |
|------------------|---|--|-----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1                | 27,2±1,5                                      | 452,3±9,2  | 23,8±0,9              | 18,0±0,7             | 4,3±0,2                       | 10,2±0,5                      | 336,3±10,0                       |
| 2                | 26,1±1,2                                      | 396,3±9,8  | 24,2±0,8              | 17,9±0,6             | 4,1±0,1                       | 10,4±0,5                      | 340,0±10,2                       |
| 3                | 59,0±1,4                                      | 1743,3±15,0  | 18,2±0,6              | 13,1±0,4             | 4,8±0,2                       | 3,5±0,1                       | 187,2±6,2                        |
| 4                | 60,7±1,7                                      | 1838,1±13,2  | 17,8±0,5              | 12,7±0,3             | 5,1±0,3                       | 2,5±0,2                       | 177,7±6,0                        |
| 5                | 66,5±1,8                                      | 1372,4±15,8  | 17,8±0,5              | 12,4±0,3             | 5,5±0,3                       | 1,4±0,1                       | 173,8±5,8                        |
| 6                | 63,2±1,4                                      | 1425,9±16,0  | 18,0±0,7              | 12,7±0,3             | 5,5±0,3                       | 1,7±0,2                       | 179,5±6,0                        |

Примітка: 1,2 – контроль 1, 2 (середні значення контролів всіх сортів); 3 – «Добриня»; 4 – «Гарант»; 5 – «Ярило»; 6 – «Загрей».

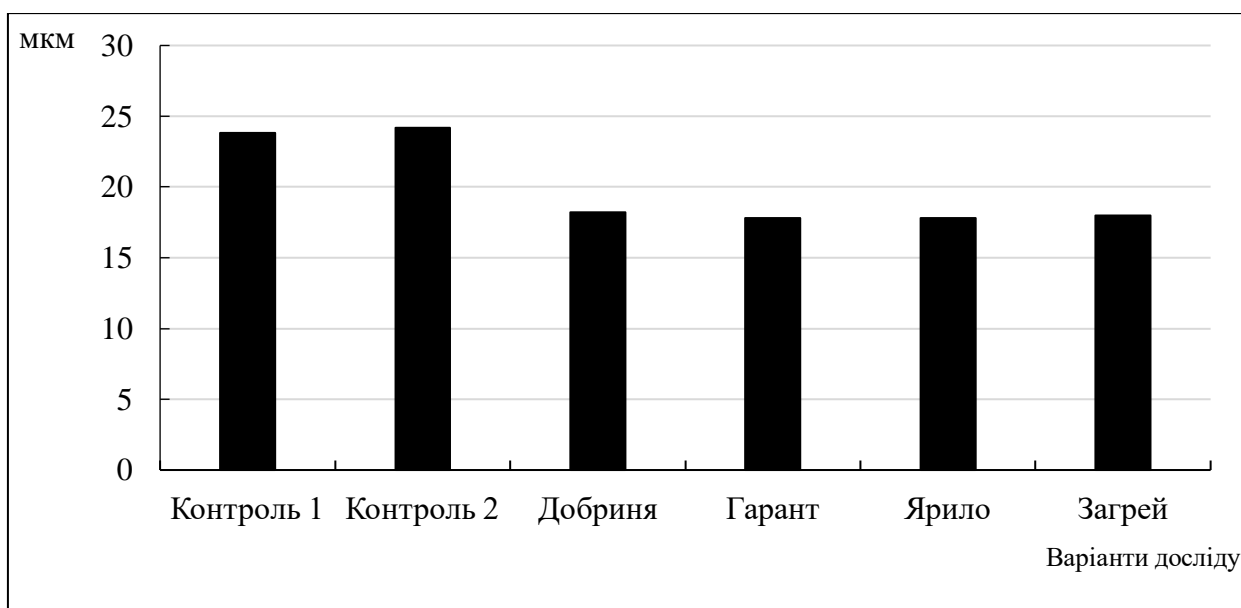


I

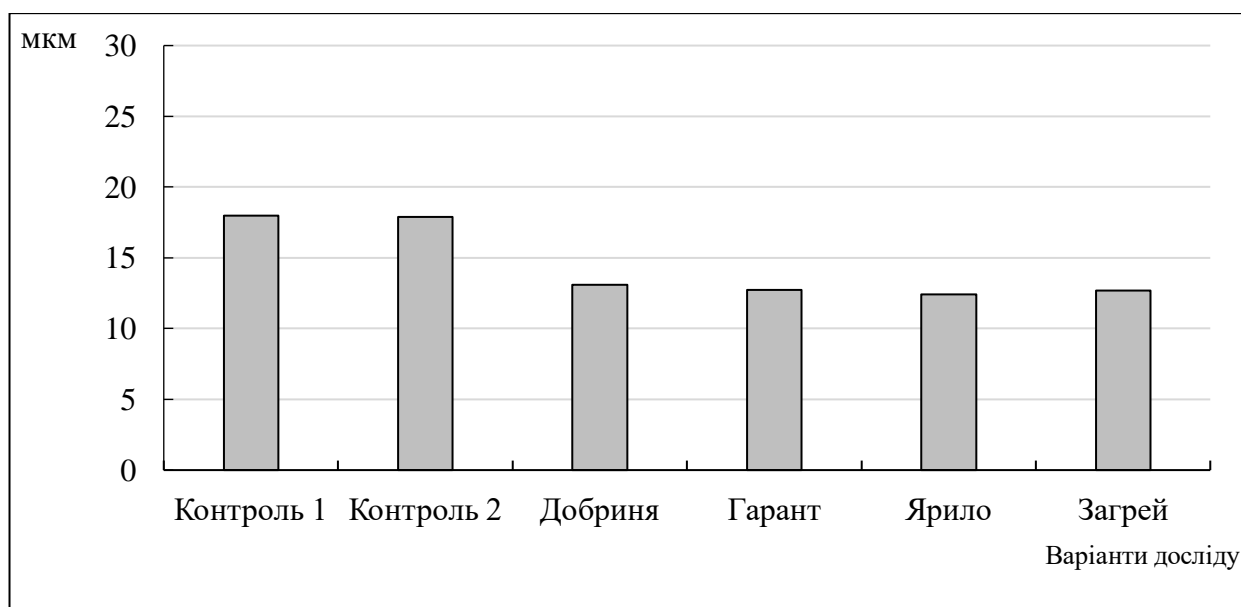


II

Рис. 6.11. Формування продихового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на мінеральному субстраті агроперліт + вермикуліт  
 I – кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup>; II – загальна кількість продихів на листковій пластинці



I



II

Рис. 6.12. Довжина і ширина продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на мінеральному субстраті агроперліт + вермикуліт

I – довжина продихів; II – ширина продихів

*Ширина замикаючих клітин продихів.* Після перенесення мікроклонів винограду в умови *in vivo* цей показник дорівнював 5,1–5,5 мкм, і це було більше відносно контролю на 14,3–31,0 % (рис. 6.13).

Встановлені зміни свідчать про формування клітин з більшою шириною, що підвищує їхню механічну міцність та сприяє ефективнішому

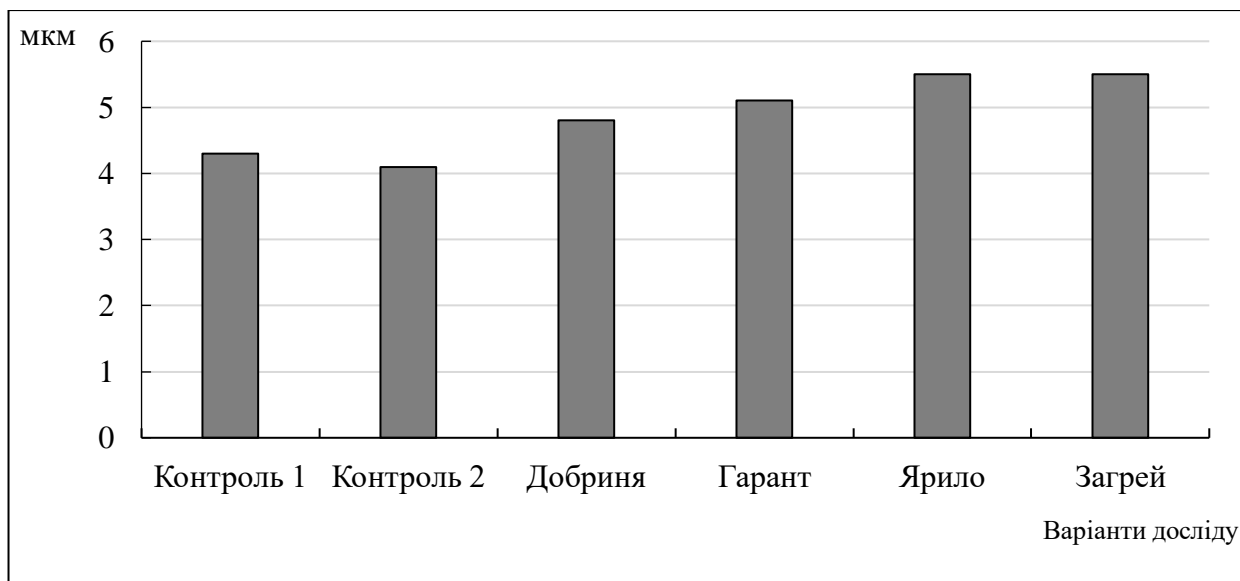


Рис. 6.13. Ширина замикаючих клітин продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на мінеральному субстраті агроперліт + вермикуліт

змиканню продихової щілини. Така перебудова має адаптивний характер і вказує на вдосконалення роботи продихового апарату при переході рослин до ґрунтових умов.

*Ширина продихової щілини продихового апарату.* У мікроклонів, що культивували на поживному середовищі (*in vitro*), ширина продихової щілини була на рівні 10,3 мкм (рис. 6.14).

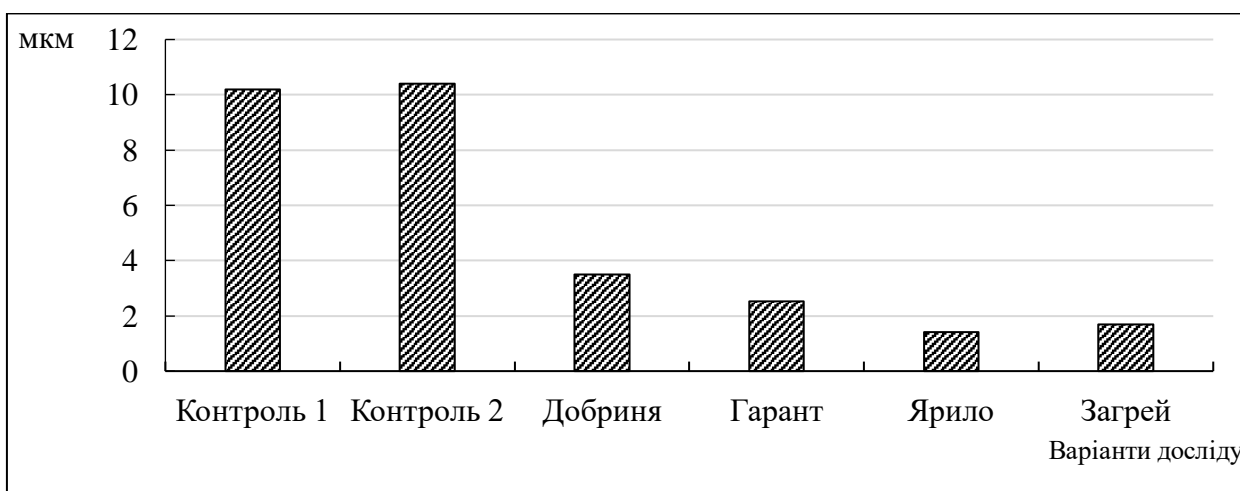


Рис. 6.14. Ширина продихової щілини продихового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на мінеральному субстраті агроперліт + вермикуліт

Після перенесення рослин винограду до умов *in vivo* спостерігалось істотне зменшення цього показника до 1,4–3,5 мкм, тобто відносно контролю відзначали її зменшення на 66,1–86,2 %. Така тенденція свідчить про суттєве посилення здатності замикаючих клітин контролювати ступінь відкриття продихів. Зменшення ширини продихової щілини можна трактувати як ключовий анатомічний механізм адаптації, що забезпечує більш жорсткий контроль за транспірацією та оптимізує водний режим рослин під час переходу від умов *in vitro* до *in vivo*.

*Площа продихів.* У контрольних варіантах (*in vitro*) площа продихів становила 336,3–340,0 мкм<sup>2</sup> (рис. 6.15).

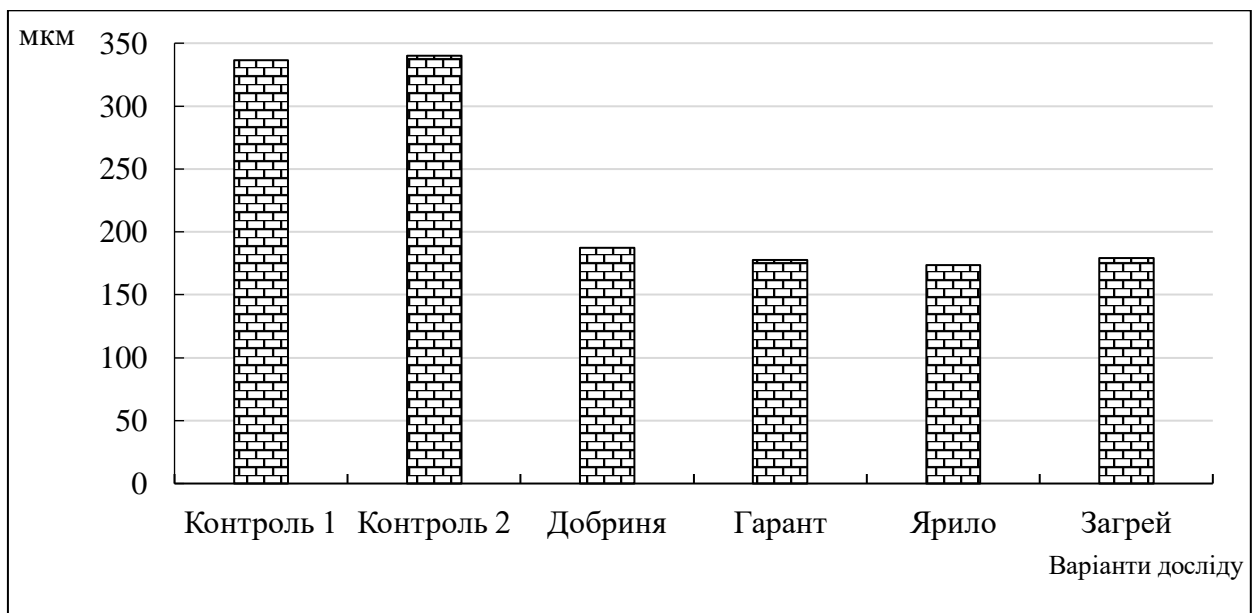


Рис. 6.15. Площа продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду на мінеральному субстраті агроперліт + вермикуліт

Після переведення рослин до умов *in vivo* цей показник зменшувався майже удвічі, до рівня 173,8–187,2 мкм<sup>2</sup>.

Отримані дані свідчать, що зменшення площі продиху є наслідком формування дрібніших та щільніших продихів, які характерні для листків рослин, адаптованих до умов *in vivo*. Така перебудова підвищує ефективність регуляції газообміну і транспірації, що розглядається як ключовий механізм загартування мікроклонів винограду після виходу з умов *in vitro*.

## Висновки до розділу 6

1. Формування продихового апарату мікроклональних рослин винограду має важливе значення з точки зору переведення мікроклонів з контрольованих умов *in vitro* в неконтрольовані умови *in vivo*, оскільки саме від стану продихів залежить здатність рослини регулювати транспірацію, підтримувати водний баланс та забезпечувати ефективний газообмін під час адаптації до більш стресових і мінливих умов зовнішнього середовища. На основі отриманих результатів встановлено, що основні показники, які характеризують його роботу (кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки, загальна кількість продихів на листкову пластинку, кількісні параметри продихів, ширина замикаючих клітин продихів, ширина продихової щілини, площа продихів), залежали від умов культивування, типів поживного середовища та субстратів.

2. Загальна тенденція, яку було встановлено у процесі дослідження, полягала у тому, що структуровані поживні середовища та мінеральні субстрати забезпечували інтенсивніше формування продихів, ніж стандартне поживне середовище MS, у т. ч. з високою концентрацією фітогормонів. Показано, що контрольні мікроклони винограду підщепних сортів мали 26,7–32,2 шт., а технічних – 23,0–25,0 шт. продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки; загальна кількість продихів на листковій пластинці змінювалася в межах 469,3–643,3 шт. у підщепних та 292,1–357,5 шт. у технічних сортів.

Особливо вираженими були зміни даних показників у мікроклонів після культивування на структурованих поживних середовищах (сьомий–дванадцятий варіанти), де щільність продихів на одиницю площі листкової пластинки збільшувалась досить суттєво. Слід зазначити, що на структурованих поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів щільність утворення продихів була більшою порівняно з аналогічними варіантами, але з більшим вмістом фітогормонів у поживному середовищі MS. Так, у мікроклональних рослин цих варіантів формувалось найбільше

продихів: 32,4–46,0 шт. на 1 мм<sup>2</sup> у підщепних та 28,0–36,0 шт. у технічних сортів, загальна кількість продихів була у межах 690,1–1035,0 шт. і 462,0–704,0 шт. відповідно до сортів. Таке збільшення продихів на одиницю площі листка вважається адаптивним явищем, оскільки підсилює можливість регулювати газообмін у середовищах із неконтрольованою вологістю та температурним режимом в умовах *in vivo*. Також це свідчить про те, що за умов використання поживних середовищ з меншим фітогормональним навантаженням та більш насичених повітрям у рослин активізується розвиток епідермальних тканин, що є важливим механізмом підготовки до подальшої зміни середовища.

Культивування мікроклонів винограду на мінеральних поживних субстратах (агроперліт, вермикуліт, їх суміші) супроводжувалось утворенням більшої кількості продихів на одиницю площі листкової пластинки (42,0–48,5 шт. на 1 мм<sup>2</sup> у підщепних та 32,0–38,5 шт. у технічних сортів), проте одночасно призводило до зменшення загальної кількості продихів на листок внаслідок формування меншої за площею листкової пластинки. Така морфогенетична перебудова продихового апарату сприяла підвищеній здатності до регуляції транспіраційних процесів.

Переведення мікроклонів винограду до умов *in vivo* сприяло тому, що кількість продихів, як загальна, так і на одиницю площі листкової пластинки, збільшувалася в середньому у 1,5–2,0 раза і 2,5–10,1 раза порівняно з рослинами, що культивували *in vitro*. Це означає, що рослини за змінних умов доквілля активно перебудовують продиховий апарат у напрямку підвищення стійкості до абіотичних факторів.

3. У контрольних варіантах формувалися продихи середнього розміру, характерні для контрольованих умов *in vitro*. Довжина продихів у контрольних рослин підщепних сортів дорівнювала 24,0–24,9 мкм, у технічних – 23,3–24,2 мкм; ширина – 18,0–18,8 мкм і 17,1–17,8 мкм відповідно. Додавання до поживного середовища препарату Радіфарм сприяло помірному збільшенню розмірів продихів (довжина 25,8 мкм,

ширина 19,9 мкм у підщепних сортів та 24,7 мкм та 18,7 мкм відповідно у технічних сортів), що свідчить про активізацію ростових процесів; додавання препарату Clonex gel не дало очікуваного результату, розмірні характеристики продихів епідермісу листкової пластинки були меншими за контрольні.

Найбільші продихи формувалися у мікроклонів винограду після культивування на структурованих поживних середовищах, їх довжина і ширина досягали найбільших значень (27,0 мкм (довжина) та 21,5 мкм (ширина) у підщепних і відповідно 25,5 мкм та 20,1 мкм у технічних), незалежно від сорту. Ці показники перевищували контроль у середньому на 5,3–25,1 % у підщепних сортів та на 1,7–27,0 % у технічних сортів. Це потенційно забезпечує кращий газообмін і активність продихового апарату у контрольованих умовах *in vitro*, але робить рослини більш уразливими до водного стресу у подальшому.

Після культивування мікроклонів винограду на мінеральних субстратах – агроперліт, вермикуліт та їх суміші відзначали чітке зменшення довжини та ширини продихів порівняно з контролем. У підщепних сортів («Добриня» та «Гарант») довжина продихів зменшувалася від 24,0–24,9 мкм – у контролі, до 21,6–22,4 мкм – на мінеральних субстратах (зменшення відносно контролю оцінювали у 7,9–12,1 %); ширина продихів зменшувалась від 17,1–18,5 мкм до 15,9–17,9 мкм (зменшення відносно контролю оцінювали у 2,2–13,1 %). У технічних сортів («Ярило» та «Загрей») було встановлено аналогічну закономірність. Зменшення морфометричних характеристик продихів було значним і достовірним для всіх сортів.

Після переведення мікроклонів винограду у неконтрольовані умови *in vivo* відзначали різку перебудову продихового апарату. Продихи характеризувалися значно меншими розмірами: їх довжина зменшувалась на 26,0–32,2 % (з 24,6–26,2 мкм до 17,8–18,2 мкм), ширина – на 29,3–41,1 % (з 18,5–21,1 мкм до 12,4–13,1 мкм).

4. У мікроклонів винограду ширина замикаючих клітин продихів змінювалася залежно від умов культивування: у контрольних варіантах вона

дорівнювала 4,0–4,8 мкм у підщепних сортів та 4,1–4,4 мкм у технічних. Застосування біологічно активних препаратів сприяло її збільшенню до 5,5 мкм. На структурованих поживних середовищах цей показник був меншим за контрольні значення на 2,5–38,8 %, проте у мікроклонів, які культивували на поживному середовищі MS із меншим вмістом фітогормонів, формувалися замикаючі клітини з більшою шириною у середньому на 1,0–10,5 % (порівняно з варіантами, де поживні середовища містили більшу кількість фітогормонів). Використання у якості поживних середовищ мінеральних субстратів (агроперліт, вермикуліт та їх суміші) сприяло збільшенню ширини замикаючих клітин на 7,6–26,1 % порівняно з контролем. Після перенесення мікроклонів у ґрунтові умови цей показник збільшувався до 5,1–5,5 мкм, що на 9,9–26,0 % перевищувало контрольні значення.

5. Ширина продихової щілини нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду також є важливим показником функціонального стану продихового апарату рослин. На основі аналізу експериментальних результатів встановлено наступне. У мікроклонів контрольних варіантів вона дорівнювала 10,0–10,5 мкм. Використання структурованих поживних середовищ із агроперлітом і вермикулітом сприяло збільшенню ширини продихової щілини продихового апарату до 11,0–13,9 мкм, що свідчить про посилення транспіраційних процесів у мікроклонів. Використання мінеральних субстратів, навпаки, призводило до достовірного зменшення ширини продихової щілини на 19,5–39,0 % порівняно з контролем, що вказує на більшу здатність рослин контролювати водний баланс в умовах недостатнього зволоження. Після перенесення мікроклонів винограду в умови *in vivo* відбувалося значне зменшення до 1,4–3,5 мкм ширини продихової щілини. Порівняно з контролем вона була меншою на 64,3–88,1 %.

6. Площа продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду є комплексним показником функціонального стану продихового апарату, оскільки цей показник враховує довжину та ширину продихів і

безпосередньо визначає ефективність газообміну та транспірації. Культивування мікроклонів на структурованих поживних середовищах характеризувалося найбільшими значеннями цього показника (416,8–505,4 мкм<sup>2</sup> у підщепних та 335,7–490,1 мкм<sup>2</sup> у технічних сортів). Використання для культивування мікроклонів винограду мінеральних субстратів, навпаки, зменшувало площу продихів, формуючи компактніший та більш щільний продиховий апарат. Найбільше це було виражено у мікроклонів винограду після культивування на суміші мінеральних субстратів агроперліт + вермикуліт. Найвагомішим було зменшення цього показника у мікроклональних рослин після перенесення в умови *in vivo*. Площа продихів зменшувалася майже удвічі, що відображає перебудову продихового апарату: формуються менші, щільніші продихи, здатні ефективніше регулювати газообмін і транспірацію.

## РОЗДІЛ 7

### ПРИЖИВЛЮВАНІСТЬ МІКРОКЛОНІВ ВІНОГРАДУ В УМОВАХ *IN VIVO*

Після культивування в умовах *in vitro* мікроклони винограду потребують поступового переходу до неконтрольованих умов довкілля. Саме цей етап – *адаптації* – є одним із найважливіших, від нього залежить подальше приживлювання і розвиток рослин. На цьому етапі мікроклональні рослини стикаються з різними змінами, такими як неконтрольоване освітлення, вологість повітря, вільний газообмін і відсутність стерильності. У таких умовах мікроклони починають поступово перебудовувати процеси життєдіяльності. Починають працювати продиhi, активується фотосинтез, формується більш щільна кутикула, відновлюється здатність утримувати воду клітинами тощо. Саме тому рівень приживлюваності ми розглядаємо як показник того, наскільки добре мікроклони здатні адаптуватися до умов *in vivo*.

В умовах адаптаційної кімнати рослини культивували за умов природного освітлення, кімнатної температури та характерної для приміщення вологості повітря. Полив здійснювали дистильованою водою один раз на 3–5 діб.

Надалі визначали приживлюваність мікроклонів винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило», «Загрей», обліки проводили протягом трьох місяців після перенесення з культурального боксу в адаптаційну кімнату. Аналізували дві групи рослин: ті, що попередньо культивували на модифікованих поживних середовищах MS, і ті, що культивували на поживних мінеральних субстратах.

*Поживні середовища.* У культуральні ємності з рослинами додавали 1,5–2,0 г мінерального субстрату (агроперліт), після чого ємності залишали закритими на 24 год. Далі здійснювали поступове відкривання кришечок культуральних ємностей упродовж кількох діб (один раз на добу) – на 30 хв у

першу добу, 1 год – у другу, 2 год – у третю та 3 год – у четверту добу. На п'яту добу і в наступні дві доби тривалість відкриття становила 7 год, а потім кришки знімали повністю, додавали ще 1,5–2,0 г агроперліту, після чого рослини залишали у відкритому стані ще на 7 діб.

Після проведення переадаптації мікроклони винограду висаджували у касети, заповнені сумішшю агроперліту та вермикуліту (1:1). Безпосередньо після пересадки рослини переносили до адаптаційної кімнати та накривали поліетиленовою плівкою, під якою вони знаходилися протягом чотирьох діб для забезпечення стабільної вологості та зменшення випаровування. У момент пересаджування на субстрат рослини полили один раз розчином MS без сахарози і агару; у подальші дні використовували дистильовану воду (кожні 3–5 діб), а рослини додатково обробляли фунгіцидним препаратом «Хорус» у концентрації 0,27 г на 200 л води. Подальші поливи проводили лише дистильованою водою (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Початковий етап адаптації мікроклонів винограду, культивованих на різних типах поживних середовищ

Починаючи з четвертої доби адаптації, плівку поступово послаблювали з метою збільшення доступу повітря та зниження надмірної вологості: перша

доба – 30 хв, друга доба – 1 год, третя доба – 2 год, четверта доба – 3 год. Через дві доби плівку щодня відкривали на 7 годин (з 8:00 до 15:00), що сприяло поступовому звиканню рослин до несприятливих зовнішніх умов (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Стан мікроклонів винограду на етапі поступового зниження вологості: часткове відкривання поліетиленової плівки протягом 7 годин на добу

Через тиждень після висадки проводили полив розчином Мурасіге-Скуга, але без додавання сахарози та агару. На 30 добу адаптації визначали кількість рослин, що збереглися після первинного періоду загартування.

На початку другого місяця касети переносили до адаптаційної кімнати, де полив здійснювали дистильованою водою. На 60 добу проводили обліки даних приживлюваності (рис. 7.3).

Впродовж третього місяця мікроклони щоденно виносили до теплиці з природними умовами освітлення, температури та вологості, збільшуючи тривалість перебування (15 хв – 6 год). Це забезпечувало поступове формування механізмів пристосування до сонячного випромінювання, природної мікробіоти та зниженої відносної вологості. На 90 добу проводили остаточний облік за приживлюваністю адаптованих рослин (рис. 7.4).



Рис. 7.3. Стан мікроклонів винограду після перенесення в адаптаційну кімнату на другому місяці адаптації



Рис. 7.4. Стан мікроклонів винограду на 90-ту добу адаптації

Після першого місяця адаптації показники приживлюваності мікроклонів винограду, які культивували на стандартних поживних середовищах MS (контролі), дорівнювали для рослин сорту «Добриня» – 46,5 і 37,5 %, сорту «Гарант» – 53,5 і 49,0 %, сорту «Ярило» – 60,0 і 52,0 %, сорту «Загрей» – 57,0 і 47,5 % (рис. 7.5).

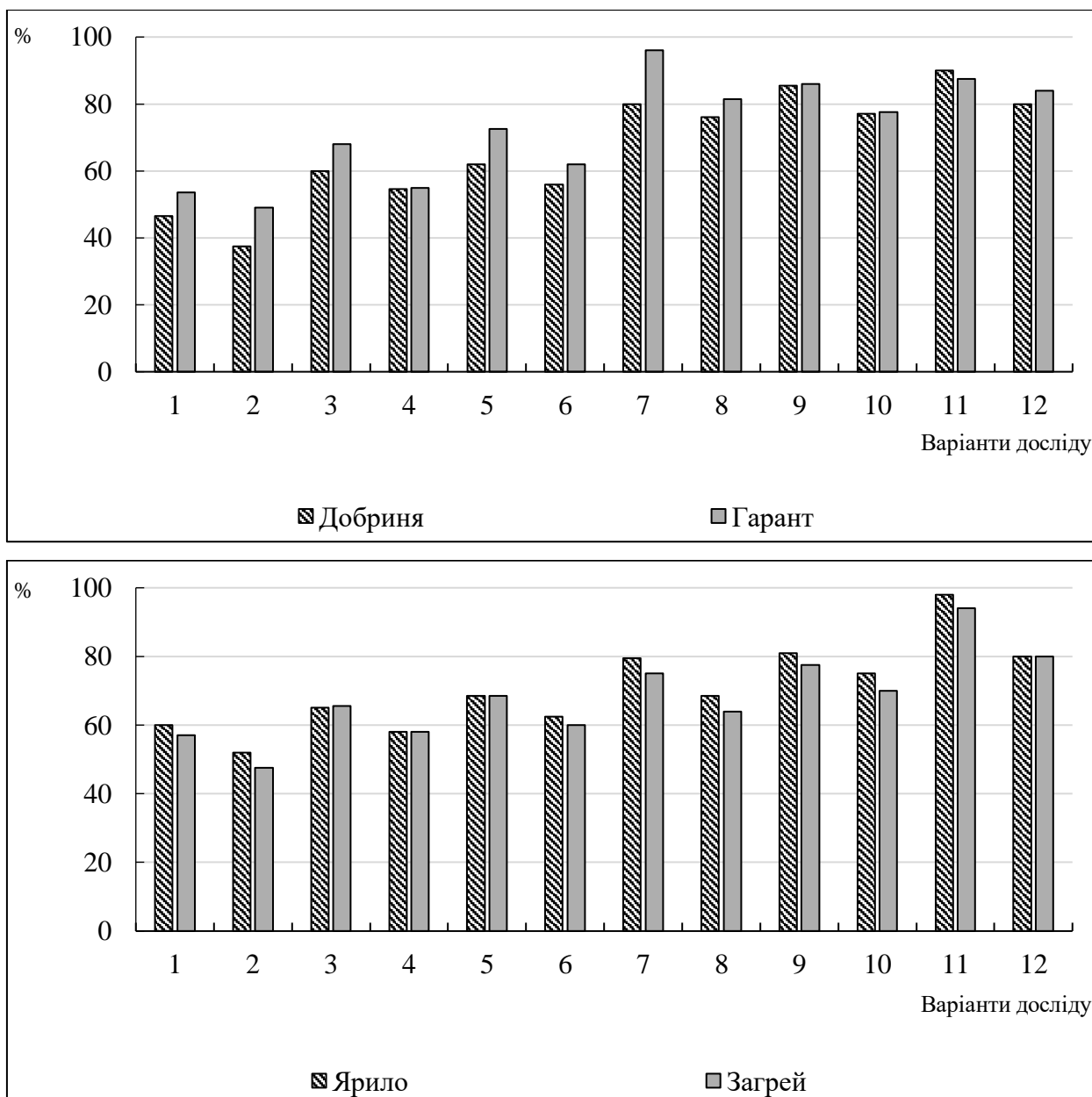


Рис. 7.5. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* через 30 діб культивування (середнє за 2019–2022 рр.)

Найбільшим показником приживлюваності характеризувалися мікроклони сьомого – 80,0 % («Добриня»), 96,0 % («Гарант»), 79,5 % («Ярило»), 75,0 % («Загрей»), дев'ятого – відповідно 85,5 %, 86,0 %, 81,0 %, 77,5 %, одинадцятого – 90,0 %, 87,5 %, 98,0 %, 94,0 % та дванадцятого варіантів – 80,0 %, 84,0 %, 80,0 %, 80,0 %. Це варіанти з додаванням структуроутворювальних компонентів – агроперліту, вермикуліту та їх суміші до стандартного поживного середовища MS із вмістом фітогормонів – 0,3

мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП. Порівняно з контролем показник приживлюваності мікроклонів винограду у цих варіантах збільшувався на 32,5–43,5 % (підщепні сорти), 18,0–38,0 % (технічні сорти) та на 16,0–17,2 %, на 12,4–14,1 % порівняно з іншими дослідними варіантами. У варіантах, де до поживного середовища додавали агроперліт (восьмий варіант), вермикуліт (десятий варіант), де поживне середовище містило більшу кількість фітогормонів, приживлюваність мікроклонів також була більшою порівняно з контролем, але поступалася аналогічним варіантам з їх меншим вмістом. Так, для мікроклонів підщепних сортів цей показник дорівнював 76,0–81,5 %, для мікроклонів технічних сортів – 64,0–75,0 %. Порівняно з контролем це на 16,5–39,5 % більше.

У варіантах, де до поживного середовища додавали препарат Радіфарм (третій–четвертий варіанти), приживлюваність мікроклонів також збільшувалася порівняно з контролем: для сорту «Добриня» до 54,5–60,0 % (що на 13,5–17,0 % більше від контрольних значень), для сорту «Гарант» до 55,0–68,0 % (що на 6,0–14,5 % більше контрольних значень). Слід зазначити, що для сорту «Ярило» дія препарату була найбільш вираженою: показник приживлюваності дорівнював 58,0–65,0 %, що на 5,0–6,0 % перевищувало контрольні значення. Для сорту «Загрей» показник приживлюваності збільшувався до 58,0–65,5 %, що перевищувало контрольні значення на 8,5–10,5 %. Подібна тенденція відзначалася у мікроклонів п'ятого і шостого варіантів після застосування препарату Clonex gel.

Мікроклони, які культивували на поживних середовищах з меншим вмістом фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК), краще приживалися в неконтрольованих умовах довкілля, порівняно з мікроклонами, які культивували на поживних середовищах з більшим вмістом фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК). Така перевага перебувала у межах 7,2–9,1 % для мікроклонів підщепних, 8,5–9,1 % для мікроклонів технічних сортів.

Після двох місяців адаптації показники приживлюваності мікроклонів винограду зменшувалися за всіма варіантами досліджу, що є закономірним для

періоду переходу рослин до умов *in vivo*. Для підщепних сортів показники контролю дорівнювали 29,5–36,3 %, для технічних – 29,5–40,0 % (рис. 7.6).

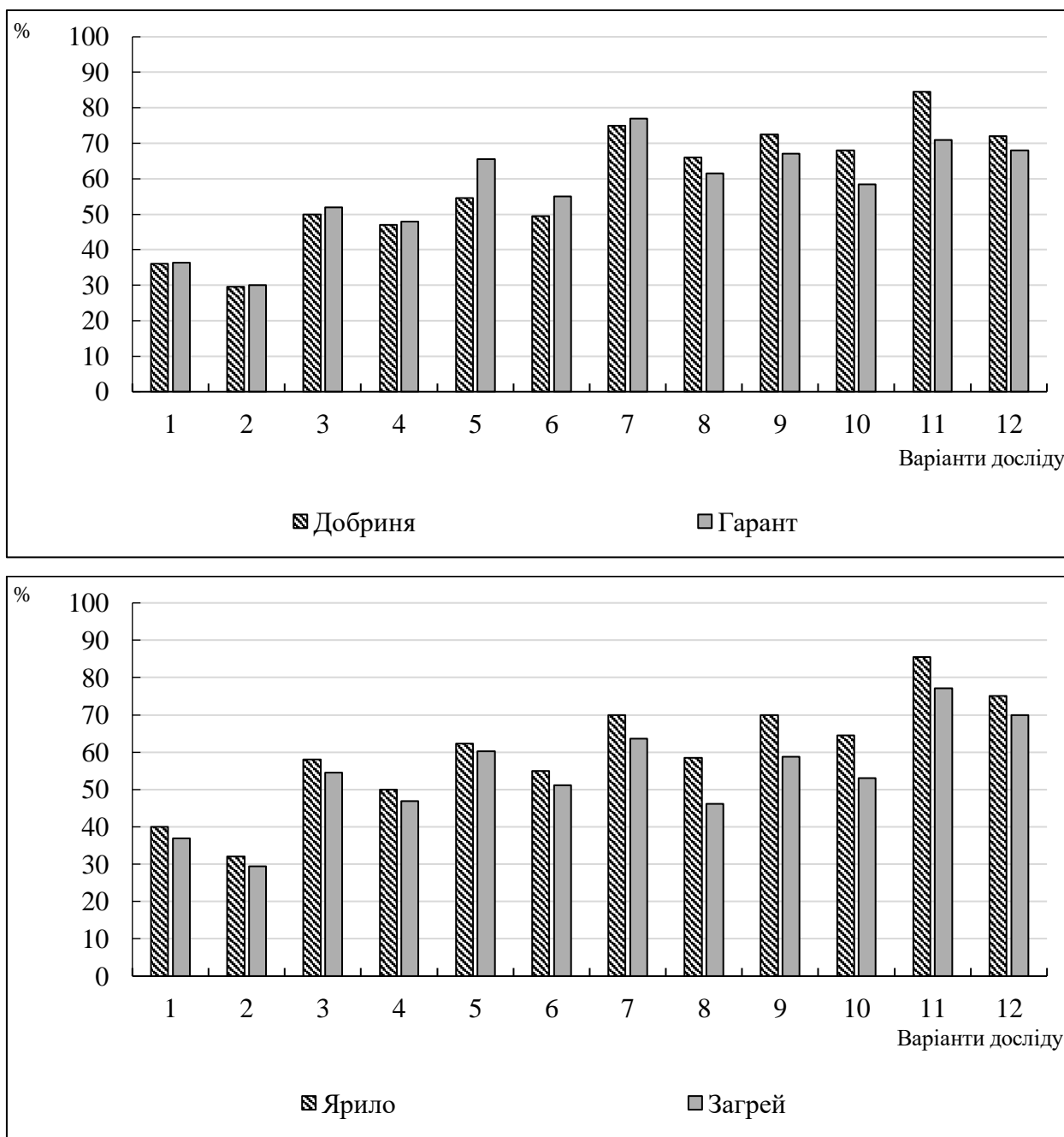


Рис. 7.6. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* через 60 днів культивування (середнє за 2019–2022 рр.)

Незважаючи на загальне зменшення цього показника, у низці дослідних варіантів спостерігалось збереження високої життєздатності рослин.

Найкращі результати були характерні для варіантів, де мікроклони культивували на поживних середовищах із агроперлітом (сьомий варіант),

вермикулітом (дев'ятий варіант) та сумішню агроперліту і вермикуліту (одинадцятий, дванадцятий варіанти). У цих варіантах показник приживлюваності мікроклонів сорту «Добриня» дорівнював 72,0–84,5 %, мікроклонів сорту «Гарант» – 67,0–77,0 %, мікроклонів сорту «Ярило» – 70,0–85,5 %, мікроклонів сорту «Загрей» – 58,8–77,2 %. Порівняно з контрольними значеннями він був більший на 30,7–48,5 % (підщепні сорти) та на 21,9–40,5 % (технічні сорти). Порівняно з іншими дослідними варіантами цей показник збільшувався на 9,3–20,2 % і 9,3–10,5 %. В інших варіантах досліду з використанням структурованих поживних середовищ (восьмий, дев'ятий, десятий варіанти) показник приживлюваності був меншим, але достовірно відмінним від контролю.

Варіанти, де до складу поживних середовищ додавали препарат Радіфарм (третій, четвертий варіанти), приживлюваність мікроклонів була на рівні 47,0–52,0 % («Добриня», «Гарант»), 46,9–58,0 % («Ярило», «Загрей»), що на 14,0–18,0 % та на 17,4–18,0 % було більше за контрольні показники.

Позитивний вплив БАП також відзначено і в п'ятому, шостому варіантах. У підщепних сортів показник приживлюваності був на рівні 47,0–65,5 %, у технічних сортів – 51,2–62,3 %.

Мікроклони, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом фітогормонів (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП), характеризувалися вищим рівнем приживлюваності і після двох місяців адаптації. У середньому їх приживлюваність перевищувала варіанти з підвищеним вмістом фітогормонів (0,5 мг/л 6-БАП, 0,6 мг/л ІОК) на 6,8–8,0 % для підщепних сортів і 8,5–9,1 % – для технічних сортів винограду.

Після трьох місяців адаптації мікроклонів винограду їх рівень приживлюваності *in vivo* знижувався, але у подальшому вже залишався без змін. За цей період у першому та другому варіантах (контролі) показник приживлюваності мікроклонів винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило» і «Загрей» дорівнював 21,5–28,1 %, 25,5–28,5 %, 28,0–35,5 % і 25,0–28,5 % (рис. 7.7).

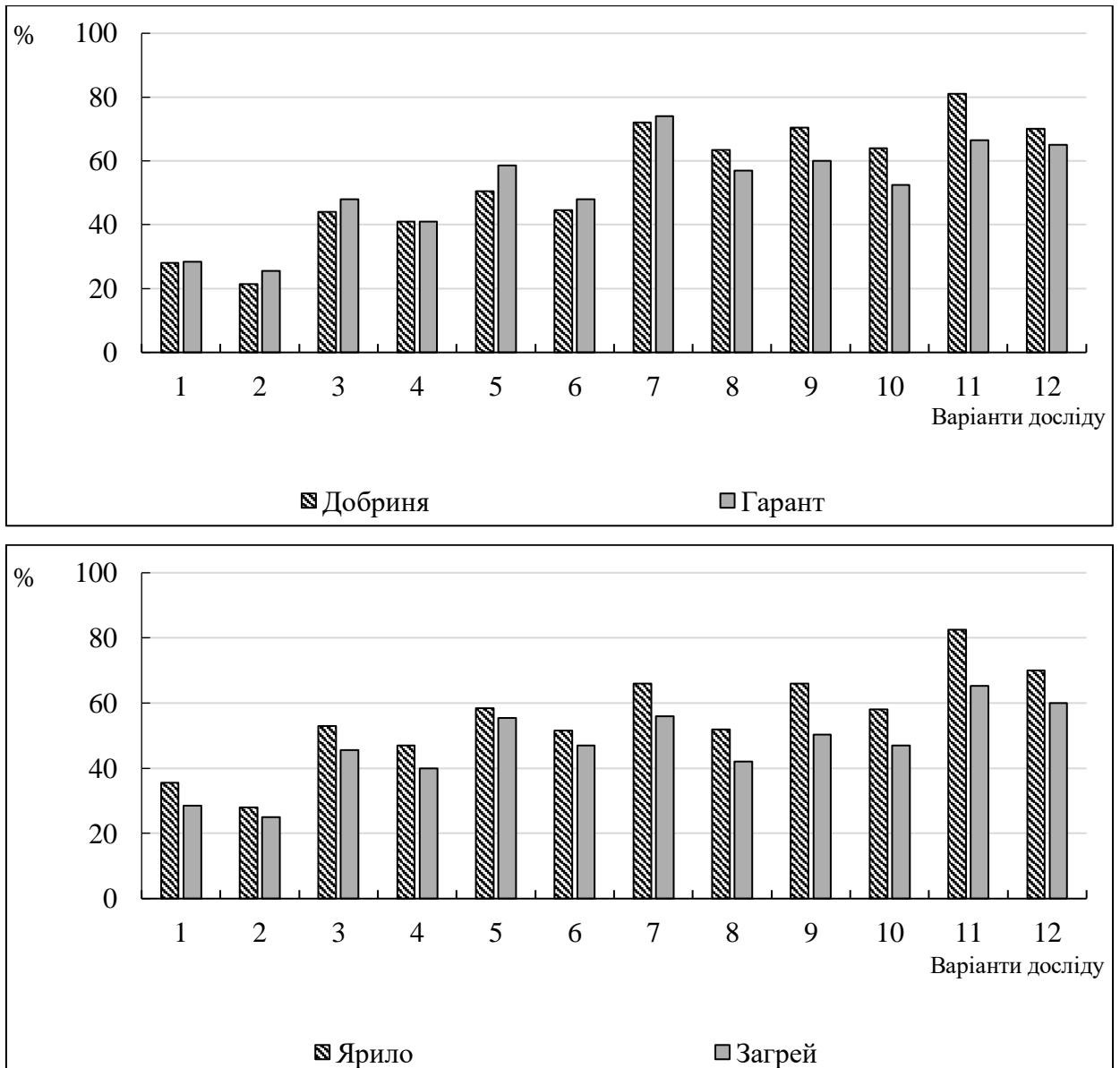


Рис. 7.7. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* через 90 діб культивування (середнє за 2019–2022 рр.)

Найбільше було життєздатних мікроклонів винограду після культивування на MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + Clonex gel; MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + агроперліт (1:1); MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + вермикуліт (1:1); MS + 0,3 мг/л ІОК + 0,2 мг/л 6-БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1); MS + 0,6 мг/л ІОК + 0,5 мг/л 6-БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1) (п'ятий, сьомий, дев'ятий, одинадцятий і дванадцятий варіанти). У підщепних сортів приживлюваність мікроклонів дорівнювала 50,5–81,0 % («Добриня»), 58,5–74,0 % («Гарант»), у технічних сортів – 58,5–

82,0 % («Ярило»), 50,3–65,2 % («Загрей»), при 24,8 % («Добриня»), 27,0 % («Гарант»), 31,8 % («Ярило») та 26,8 % («Загрей») у контрольних варіантах.

У третьому і четвертому дослідних варіантах приживлюваність була на середньому рівні – 40,0–53,0 %, проте для всіх сортів вона була більшою, ніж у контролі. У п'ятому та шостому варіантах приживлюваність збільшувалася ще суттєвіше, як у підщепних, так і у технічних сортів, і знаходилась на рівні 44,5–58,5 %.

*Поживні субстрати.* Ємності з рослинами, які культивували на поживних мінеральних субстратах, так само поступово відкривали: упродовж перших 4 діб – на 30 хв у першу добу, 1 год – у другу, 2 год – у третю та 3 год – у четверту добу. На п'яту добу і в наступні дві доби тривалість відкривання становила 7 год, а потім кришки знімали повністю (рис. 7.8).

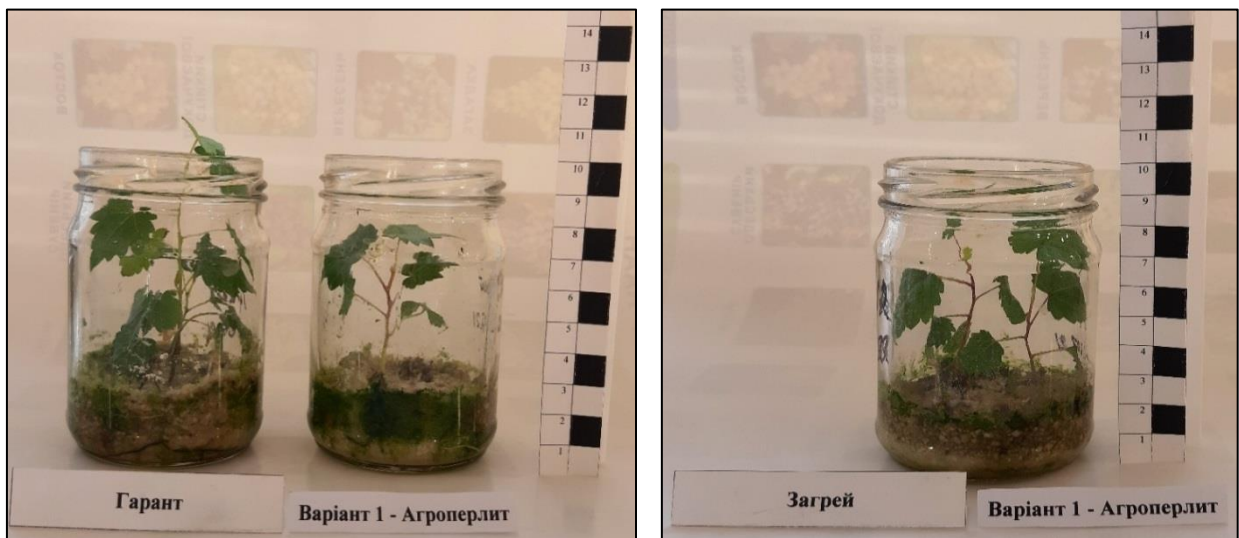


Рис. 7.8. Початковий етап адаптації мікроклонів винограду, які культивували на різних типах поживних мінеральних субстратів

На другому тижні кришки повністю знімали, а рослини обприскували фунгіцидом «Хорус» у концентрації 0,27 г на 200 л води. Полив здійснювали дистильованою водою один раз на 3–5 діб. На 30-ту добу після повного зняття кришечок проводили облік показників приживлюваності (рис. 7.9).

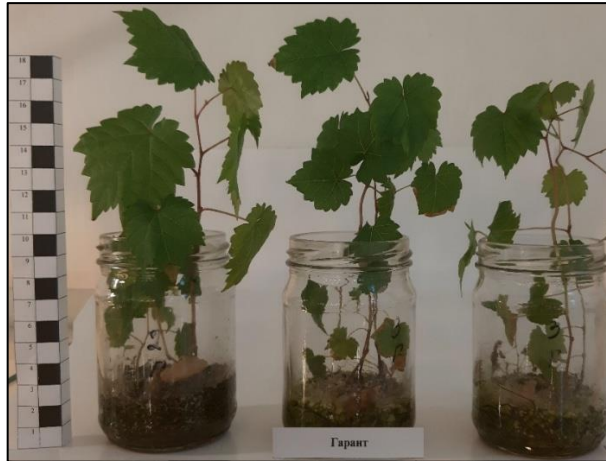


Рис. 7.9. Стан мікроклонів винограду на 30-ту добу після зняття кришечок

На другому місяці адаптації мікроклони переносили до адаптаційної кімнати та висаджували у ґрунтосуміш, що складалася з ґрунту, піску та торф'яного субстрату (1:1:1) (рис. 7.10).



Рис. 7.10. Стан мікроклонів винограду після перенесення на ґрунтосуміш

Полив проводили водопровідною водою відповідно до потреб рослин. Повторний облік показників приживлюваності здійснювали на 60-ту та 90-ту добу адаптаційного періоду (рис. 7.11).

Мікроклони винограду, які культивували на поживних мінеральних субстратах, так само адаптували у вегетаційній кімнаті і протягом одного, двох та трьох місяців визначали кількість життєздатних рослин (показник приживлюваності).

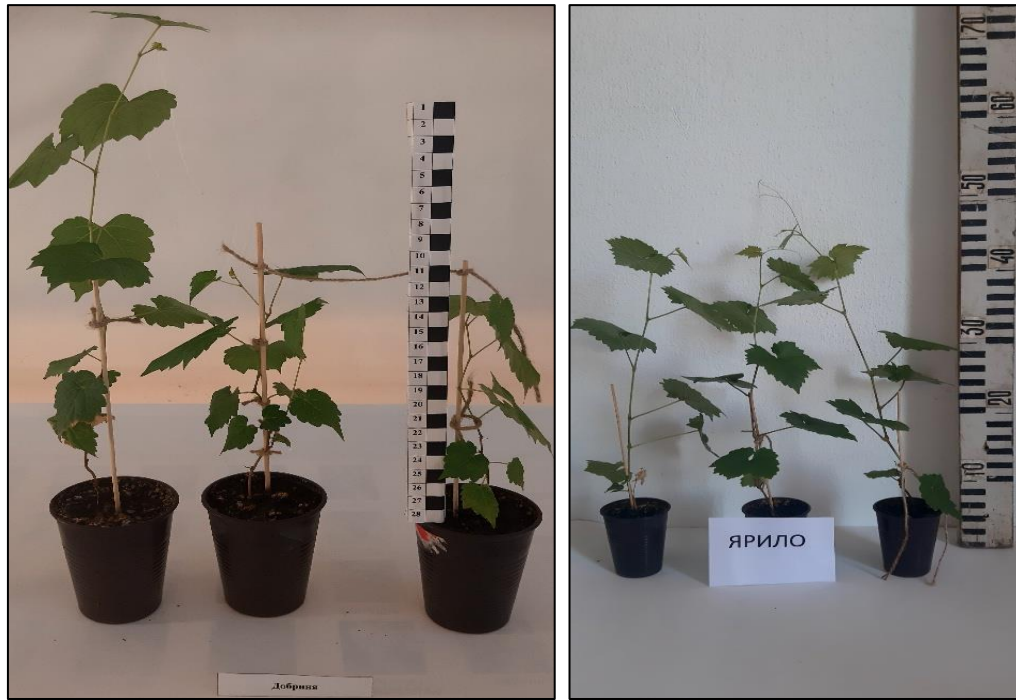


Рис. 7.11. Стан мікроклонів винограду на 90-ту добу після перенесення на ґрунтосуміш

Після першого місяця адаптації приживлюваність мікроклонів винограду контрольних варіантів дорівнювала для рослин сорту «Добриня» 37,5 і 46,5 %, сорту «Гарант» – 49,0 і 53,5 %, сорту «Ярило» – 52,0 і 60,0 %, сорту «Загрей» – 47,5 і 57,0 % (рис. 7.12).

Найкращі результати приживлюваності мікроклонів винограду було отримано у п'ятому варіанті (агроперліт + вермикуліт). Приживлюваність рослин у цьому варіанті була на рівні 76,7–78,6 % для підщепних сортів та 71,2–75,0 % для технічних сортів. Порівняно з контролем перевага була на 14,4–17,2 % і 24,3–25,0 % відповідно до сортів, порівняно з іншими дослідними варіантами на 4,2–10,3 % і 0,3–2,0 % (третій варіант) та на 8,4–13,9 % і 9,2–10,0 % (четвертий варіант).

Слід зазначити, що у третьому та четвертому варіантах приживлюваність мікроклонів дорівнювала у середньому за сортами – 62,0–73,0 %.

Після двох місяців адаптації спостерігали поступове зниження рівня приживлюваності мікроклонів за всіма варіантами досліду.

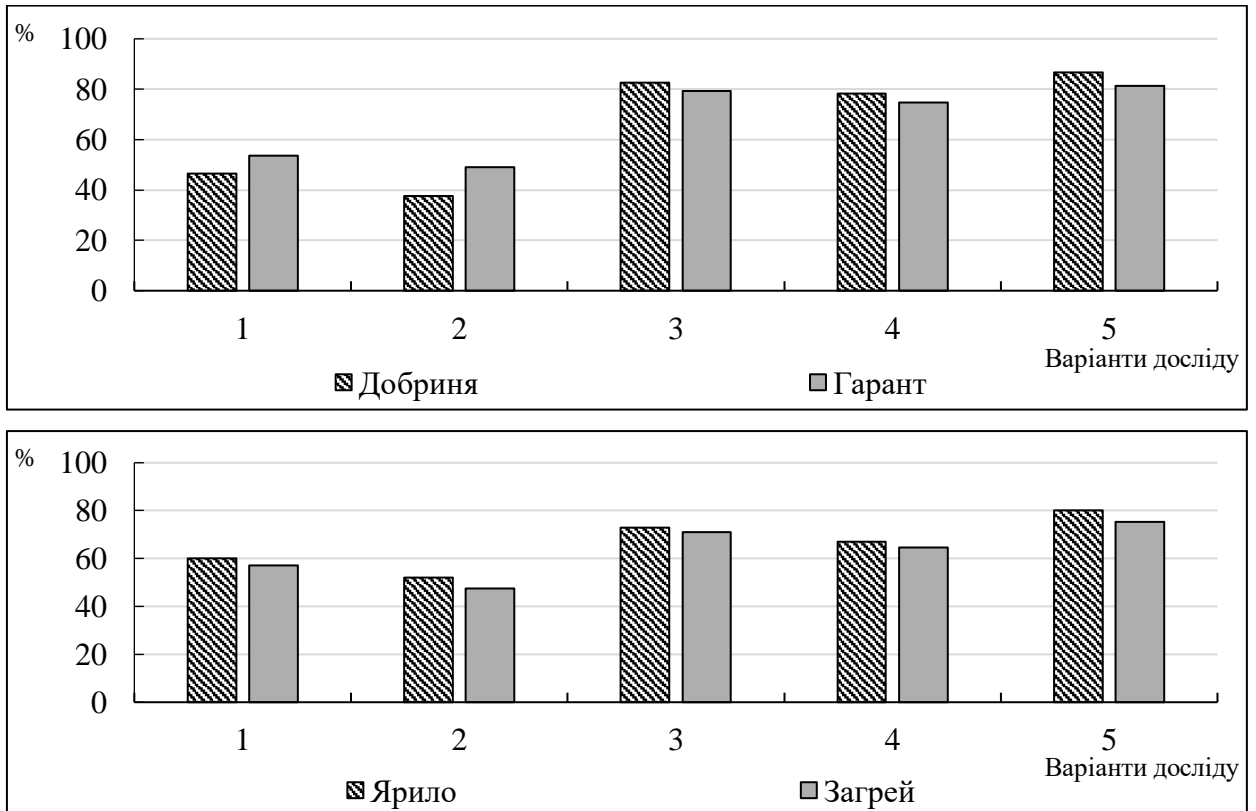


Рис. 7.12. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* через 30 днів культивування (середнє за 2019–2022 рр.)

У мікроклонів контрольних варіантів приживлюваність зменшувалась майже вдвічі та дорівнювала: 36,4–38,1 % для сортів «Добриня» і «Гарант», 26,9–40,0 % для сортів «Ярило» і «Загрей». Це підтверджує недостатню пристосованість рослин, вирощених на стандартному поживному середовищі MS (рис. 7.13). Найбільша кількість життєздатних мікроклонів винограду залишалась у п'ятому варіанті і дорівнювала: 86,7 % («Добриня»), 81,2 % («Гарант»), 80,0 % («Ярило») і 75,2 % («Загрей»). Ці показники перевищували контроль на 44,7 і 30,0 % у підщепних та 24,0 і 23,0 % у технічних сортів. Результати перевищували й інші дослідні варіанти, зокрема третій (агроперліт) – на 1,9–4,2 % (сорта «Добриня» і «Гарант»), на 4,3–7,0 % (сорта «Ярило» і «Загрей») та четвертий (вермикуліт) варіанти – на 6,5–8,4 %, на 10,7–13,0 %, які дорівнювали 79,3–82,5 % і 70,9–73,0 %, 74,7–78,3 % і 64,5–67,0 % відповідно.

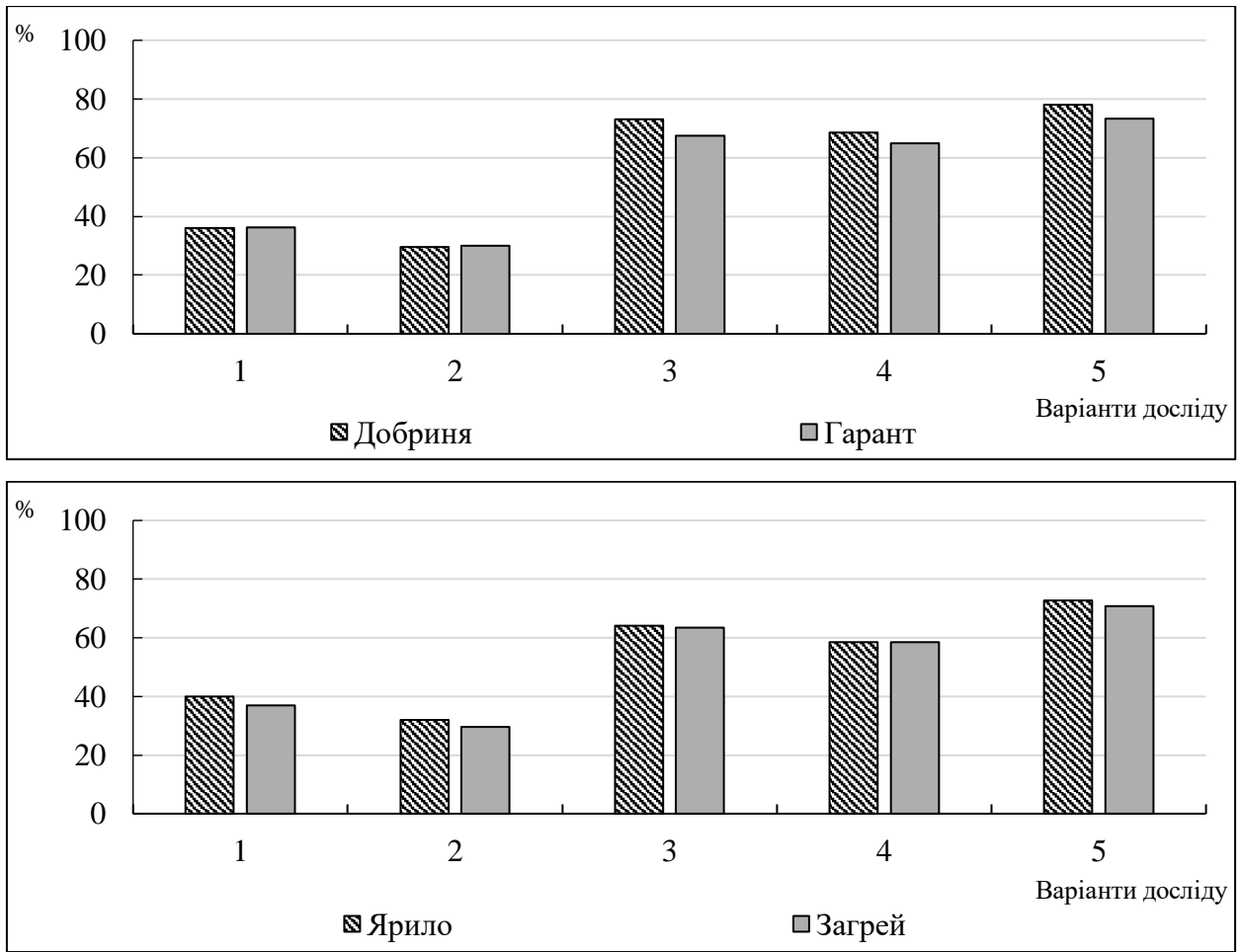


Рис. 7.13. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* через 60 діб культивування (середнє за 2019–2022 рр.)

Результати обліків приживлюваності мікроклонів винограду після трьох місяців адаптації показали наступне. Приживлюваність рослин контрольних варіантів була на рівні 21,5–28,5 % («Добриня», «Гарант») та 25,0–35,5 % («Ярило», «Загрей») (рис. 7.14).

У мікроклонів п'ятого варіанту приживлюваність залишалась найвищою – 75,0 і 68,5 % у підщепних і 68,7 і 67,7 % у технічних сортів. Порівняно з контрольними значеннями вони збільшувались у середньому на 41,5–50,2 %, 37,0–41,0 %. Рослини третього і четвертого варіантів характеризувалися меншою приживлюваністю відповідно – 65,5–67,0 % («Добриня») і 61,0–63,5 % («Гарант»), 54,5–61,0 % («Ярило») і 56,5–60,5 % («Загрей»), що було вдвічі більше за контролю.

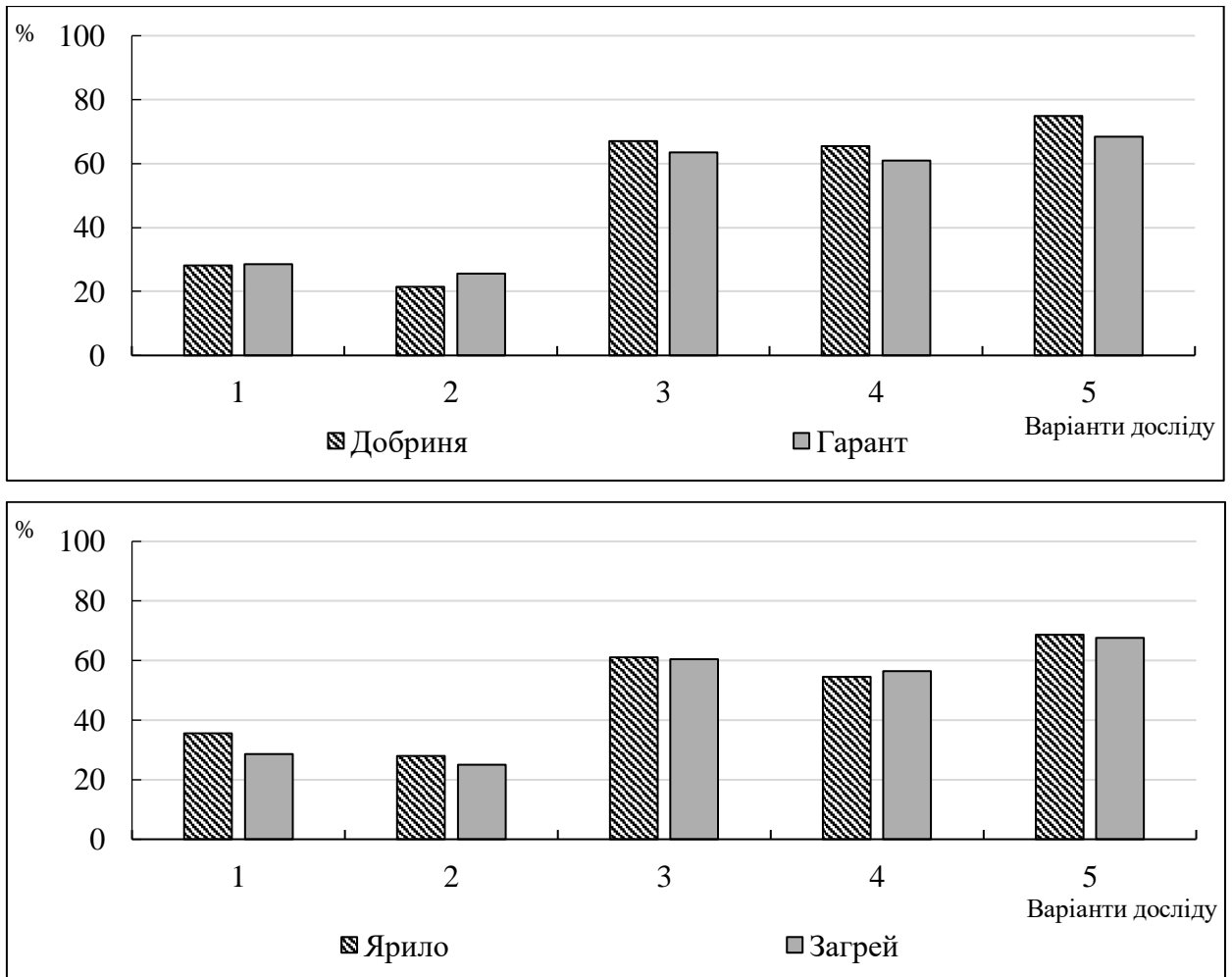


Рис. 7.14. Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* через 90 діб культивування (середнє за 2019–2022 рр.)

За матеріалами розділу «Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo*» надруковано 6 наукових праць [31, 270, 23, 30, 32, 269].

### Висновки до розділу 7

1. Етап адаптації мікроклональних рослин після культивування *in vitro* є критичним для подальшого росту і розвитку мікроклонів винограду, оскільки саме в цей період відбувається поступова перебудова фізіологічних процесів: активується робота продихового апарату, інтенсифікується фотосинтез, формується щільніша кутикула, відновлюється водоутримувальна здатність клітин, що загалом визначає рівень приживлюваності рослин у

неконтрольованих умовах. Як показують результати нашого дослідження, приживлюваність мікроклонів винограду *in vivo* залежала від особливостей їх культивування в умовах культури *in vitro*.

2. Рівень приживлюваності мікроклонів винограду залежав від складу поживних середовищ, на яких їх культивували в умовах *in vitro*. Найвищі показники життєздатності рослин протягом 30, 60 та 90 діб адаптації були характерні для варіантів із структуроутворювальними компонентами (агроперліт, вермикуліт та їх суміші), які додавали до стандартного поживного середовища MS у поєднанні з фітогормонами у кількості 0,3 мг/л ІОК та 0,2 мг/л 6-БАП. У таких варіантах значення показника приживлюваності рослин у 1,2–1,8 раза перевищували контроль. Додавання до поживного середовища агроперліту та суміші агроперліту і вермикуліту забезпечувало найкращі умови для успішного культивування, що проявлялося у найбільших показниках приживлюваності мікроклонів після всіх строків адаптації. Мікроклони, вирощені на таких середовищах, зберігали 75,0–98,0 % життєздатності через 30 діб та 56,0–82,5 % – через 90 діб адаптації.

3. Суттєво на подальшу здатність мікроклонів винограду до адаптації впливав фітогормональний склад поживного середовища. Мікроклони винограду, які культивували на поживних середовищах із меншим вмістом цитокінінів і ауксинів (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП), характеризувалися кращою приживлюваністю на всіх етапах обліку. На 90-ту добу культивування *in vivo* їх залишалося більше порівняно з контрольними рослинами на 15,9–52,9 % (для підщепних сортів) та на 15,0–47,0 % (для технічних сортів). Застосування препаратів Радіфарм та Clonex gel у складі поживних середовищ покращувало приживлюваність мікроклонів винограду на етапі адаптації, особливо у сортів «Ярило» та «Загрей». Найбільш вираженим цей ефект був у перший місяць адаптації, забезпечуючи підвищення приживлюваності мікроклонів винограду на 5,0–19,0 % порівняно з контролем. Проте надалі ця закономірність не зберігалася.

4. Мінеральні поживні субстрати (агроперліт, вермикуліт та агроперліт +

вермикуліт) забезпечували найвищий рівень адаптивності мікроклонів винограду на етапі переходу до умов *in vivo*. З точки зору приживлюваності мікроклонів винограду в неконтрольованих умовах найбільш ефективною для культивування винограду *in vitro* була суміш агроперліту і вермикуліту. Приживлюваність мікроклонів винограду цих варіантів після трьох місяців проведення обліків дорівнювала 67,7–75,0 %, що у 2,1–3,0 раза перевищувало контрольні значення.

## РОЗДІЛ 8

### СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати експериментального дослідження, наведені у попередніх розділах, свідчать про зміну анатомо-морфологічних, фізіолого-біохімічних і біометричних показників мікроклонів винограду залежно від умов культивування.

Дисперсійний аналіз експериментальних даних дозволив встановити статистичну достовірність результатів впливу окремих факторів, визначити їх відносний вплив на формування досліджуваних показників.

У першому досліді (згідно зі схемою дослідження) основними факторами були: «сорт винограду» (фактор 1), «вміст фітогормонів» (ІОК і 6-БАП) (фактор 2) та «додаткові компоненти» (БАП, агроперліт, вермикуліт) (фактор 3). У другому досліді – «сорт винограду» (фактор 1), «тип поживних мінеральних субстратів» (фактор 2).

*Статистичний аналіз отриманих результатів за розділами 3 та 4.* У межах розділу проаналізовано результати дисперсійного аналізу показників проліферації пазушних бруньок і ризогенезу ініціальних експлантів, біометричних показників вегетативної надземної маси і кореневої системи мікроклонів.

Отримані значення критерію Фішера у досліді, де мікроклони культивували на поживних середовищах, для основних факторів впливу перевищували табличні значення, що підтверджує статистично достовірний вплив умов дослідження на показники проліферації пазушних бруньок і ризогенезу ініціальних експлантів (табл. 8.1).

Для показників проліферації пазушних бруньок значення  $F_{\text{факт.}}$  за фактором «додаткові компоненти» дорівнювало 5367,204 при  $F_{\text{теор.}} = 2,308$ , за фактором «сорт винограду» – 1839,863 при  $F_{\text{теор.}} = 2,698$ , за фактором «вміст фітогормонів» – 942,933 при  $F_{\text{теор.}} = 3,939$ .

Таблиця 8.1

## Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 3

| Джерело варіації   | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|--|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| <i>Проліферація пазушних бруньок ініціальних експлантів, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1   | 3625,141       | 3               | 1208,380  | 1839,863           | 2,698              | 0,00    | 15,35             |
| Фактор 2   | 619,297        | 1               | 619,297   | 942,933            | 3,939              | 0,00    | 2,62              |
| Фактор 3   | 17625,294      | 5               | 3525,059  | 5367,204           | 2,308              | 0,00    | 74,62             |
| Фактор 1×Фактор 2  | 48,520         | 3               | 16,173    | 24,625             | 2,698              | 0,00    | 0,21              |
| Фактор 1×Фактор 3  | 1134,120       | 15              | 75,608    | 115,120            | 1,771              | 0,00    | 4,80              |
| Фактор 2×Фактор 3  | 211,851        | 5               | 42,370    | 64,512             | 2,308              | 0,00    | 0,90              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                                     | 292,917        | 14              | 20,923    | 31,856             | 1,795              | 0,00    | 1,24              |
| Похибка  | 63,707         | 97              | 0,657     |                    |                    |         | 0,37              |
| <i>Ризогенез ініціальних експлантів, %</i>                     |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1   | 5467,067       | 3               | 1822,356  | 105,446            | 2,698              | 0,00    | 14,12             |
| Фактор 2   | 12598,939      | 1               | 12598,939 | 729,003            | 3,939              | 0,00    | 32,53             |
| Фактор 3   | 16436,645      | 5               | 3287,329  | 190,212            | 2,308              | 0,00    | 42,44             |
| Фактор 1×Фактор 2  | 131,256        | 3               | 43,752    | 2,532              | 2,698              | 0,06    | 0,34              |
| Фактор 1×Фактор 3  | 1477,434       | 15              | 98,496    | 5,699              | 1,771              | 0,00    | 3,81              |
| Фактор 2×Фактор 3  | 564,109        | 5               | 112,822   | 6,528              | 2,308              | 0,00    | 1,56              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                                     | 376,250        | 14              | 26,875    | 1,555              | 1,795              | 0,11    | 1,07              |
| Похибка  | 1676,396       | 97              | 17,282    |                    |                    |         | 4,33              |

Найбільший вплив на ці показники мав фактор «додаткові компоненти», частка якого складала 74,62 %. Вплив сорту винограду складав 15,35 %, вмісту фітогормонів – 2,62 %. Частка взаємодії факторів не перевищувала 7,15 %, частка неврахованих факторів була на рівні 0,37 %.

Для показників ризогенезу ініціальних експлантів значення  $F_{\text{факт.}}$  за фактором «додаткові компоненти» дорівнювало 190,212 при  $F_{\text{теор.}} = 2,308$ , за фактором «вміст фітогормонів» – 729,003 при  $F_{\text{теор.}} = 3,939$ , за фактором «сорт винограду» – 105,446 при  $F_{\text{теор.}} = 2,698$ . Найбільший вплив на ризогенез ініціальних експлантів мав фактор «додаткові компоненти» (42,44 %), більшим впливом також характеризувався «вміст фітогормонів» (32,53 %). Вплив сорту винограду був меншим і становив 14,12 %. Частка взаємодії факторів не перевищувала 6,78 %, частка неврахованих факторів дорівнювала 4,33 %.

Для показників приживлюваності *in vitro* через 30 діб (перший дослід) значення  $F_{\text{факт.}}$  для всіх основних факторів та їх взаємодії перевищували відповідні табличні значення (додаток Г. 1). Основним був «вміст фітогормонів», для якого показник  $F_{\text{факт.}}$  дорівнював 10 153,76 при  $F_{\text{теор.}} = 3,94$ , частка впливу була на рівні 67,84 %. Вплив фактора 3 був меншим, значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювало 304,9 при  $F_{\text{теор.}} = 2,309$ , частка впливу була на рівні 10,19 %. Вплив сорту винограду залишався достовірним, значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювало 389,437 при  $F_{\text{теор.}} = 2,699$ , частка впливу була на рівні 7,81 %. Серед двофакторних взаємодій більший вплив мали «вміст фітогормонів» × «додаткові компоненти», частка впливу дорівнювала 7,56 %, а також «сорт винограду» × «додаткові компоненти» (3,85 %). Частка впливу взаємодії «сорт винограду» × «вміст фітогормонів» дорівнювала 0,89 %, «сорт винограду» × «вміст фітогормонів» × «додаткові компоненти» – 1,23 %. Частка похибки була на рівні 0,64 %.

У досліді, де мікроклони культивували на поживних субстратах, критерій Фішера для основних факторів впливу перевищував відповідні табличні значення. На показники проліферації пазушних бруньок

(додаток Г. 2) основний вплив мав фактор «тип поживних мінеральних субстратів». Значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювало 8978,984 при  $F_{\text{теор.}} = 2,911$ . Частка впливу фактора дорівнювала 79,77 %. Вплив фактору «сорт винограду» був статистично достовірним, значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювало 634,311 при  $F_{\text{теор.}} = 2,911$ , вплив цього фактора був на рівні 5,64 %. Частка взаємодії факторів дорівнювала 14,51 %, похибка дослідів була на рівні 0,09 %.

Для показника ризогенезу ініціальних експлантів найбільші значення  $F_{\text{факт.}}$  отримано за типом поживних мінеральних субстратів. Значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювало 7968,026 при  $F_{\text{теор.}} = 2,911$ . Частка впливу фактора була на рівні 86,60 %. Вплив сорту винограду був статистично достовірним (5,28 %). Частка взаємодії факторів дорівнювала 8,01 %. Частка неврахованих факторів, похибка дослідів, була на рівні 0,11 %.

На показники приживлюваності рослин *in vitro* через 30 діб культивування (другий дослід) усі основні фактори та їх взаємодія мали достовірний вплив, оскільки значення  $F_{\text{факт.}}$  перевищували табличні значення  $F_{\text{теор.}}$ . Найбільш вагомим фактором був фактор «тип поживних мінеральних субстратів» ( $F_{\text{факт.}} = 19\,414,234$  при  $F_{\text{теор.}} = 2,901$ ), частка впливу якого становила 72,33 %. Вплив сорту винограду був менш вираженим ( $F_{\text{факт.}} = 497,942$  при  $F_{\text{теор.}} = 2,901$ ), із часткою впливу 16,76 %. Взаємодія сорту винограду з типом поживних мінеральних субстратів також була достовірною, забезпечивши 10,87 % загальної варіації показника. Частка випадкової похибки становила 0,04 % (додаток Г. 3).

Результати дисперсійного аналізу показали, що для більшості досліджуваних біометричних показників росту і розвитку мікроклонів винограду значення  $F_{\text{факт.}}$  за основними факторами та їх взаємодією перевищували відповідні табличні значення за критерієм Фішера, що свідчить про статистично достовірний характер їх впливу (додаток Г. 4). У досліді з культивуванням мікроклонів на поживних середовищах встановлено, що формування показників висоти рослин і кількості листків визначалося переважно сортом винограду, площа листка, площа листової

поверхні, облистяність і показники розвитку кореневої системи значною мірою залежали від складу поживного середовища, зокрема його додаткових компонентів. Частка впливу цього фактора для більшості показників розвитку кореневої системи та листової поверхні була визначальною, при цьому внесок сорту винограду і вмісту фітогормонів мав менше значення, але залишався статистично достовірним.

У досліді з культивуванням мікроклонів на поживних мінеральних субстратах (додаток Г. 5) головну роль у формуванні вегетативної надземної маси також відігравав фактор «тип поживних мінеральних субстратів», частка впливу якого для окремих показників досягала максимальних значень. Вплив сорту винограду та взаємодії факторів був менш вираженим, проте у низці випадків істотно доповнював загальну варіацію ознак. Частка похибки досліді для більшості показників залишалася низькою, що підтверджує високу надійність отриманих експериментальних даних.

*Статистичний аналіз отриманих результатів за розділом 5.* Результати дисперсійного аналізу показників водного режиму пагонів і кореневої системи мікроклонів винограду, які культивували на різних типах поживних середовищ, показали статистично достовірний вплив основних факторів, оскільки показники  $F_{\text{факт.}}$  перевищували табличні значення  $F_{\text{теор.}}$  за критерієм Фішера (додаток Г. 6). Основним фактором, який впливав на показники водного режиму, був фактор «додаткові компоненти», частка впливу якого, за низкою показників, дорівнювала 50,01–88,66 %. Для показників загального вмісту води і сухих речовин пагонів  $F_{\text{факт.}}$  за фактором «додаткові компоненти», дорівнював 1402,742 та 2764,850 при  $F_{\text{теор.}} = 2,308$ , а частка впливу – 88,08 % і 88,66 % відповідно. Вплив сорту винограду і вмісту фітогормонів був меншим. Для вмісту легкоутримуваної води  $F_{\text{факт.}}$  за додатковими компонентами дорівнював 1103,441, а за сортом винограду – 1670,719 ( $F_{\text{теор.}} = 2,308–2,698$ ), що забезпечувало майже однаковий вплив на варіацію показника (50,01 % і 45,43 %). Аналіз водоутримувальної здатності через 5–60 хв показав відсутність статистично достовірного впливу більшості

факторів через 5–10 хв, коли  $F_{\text{факт.}}$  не перевищували  $F_{\text{теор.}}$ . Через 15–20 хв вплив основних факторів збільшувався, а максимальні значення  $F_{\text{факт.}}$  відмічено через 30 і 60 хв за фактором «додаткові компоненти» (237,238 і 691,073), що відповідало частці впливу 37,05–46,14 %. Вплив сорту винограду та типу поживних мінеральних субстратів був статистично достовірним.

Подібна тенденція спостерігалася для показників інтенсивності транспірації.

Для водного режиму кореневої системи (додаток Г. 7)  $F_{\text{факт.}}$  за додатковими компонентами для показників загальної кількості води, легкоутримуваної води та сухих речовин у коренях дорівнював 465,007; 4414,681; 953,464 при  $F_{\text{теор.}} = 2,308$ , частка впливу – 56,86 %, 87,12 % і 57,56 %. Вплив сорту винограду був менш вираженим (27,29–27,63 %), «вміст фітогормонів» мав менший вплив (0,98–9,72 %), взаємодія факторів не перевищувала 8,68 %. Частка неврахованих факторів для показників водного режиму кореневої системи залишалася низькою (0,38–2,37 %).

Результати дисперсійного аналізу показників пігментного складу листків і пагонів мікроклонів винограду першого дослідження засвідчили статистично достовірний вплив основних факторів, оскільки значення  $F_{\text{факт.}}$  у всіх випадках перевищували  $F_{\text{теор.}}$  (додаток Г. 8). Для листків основним фактором, який впливав на синтез пігментів (хлорофілу *a*, *b*, їх суми), був фактор «додаткові компоненти», частка впливу якого становила 41,54–79,11 % ( $F_{\text{факт.}} = 22351,459$ – $11688,589$  при  $F_{\text{теор.}} = 2,308$ ). Вплив сорту винограду також був статистично достовірним і дорівнював 25,95–39,51 % ( $F_{\text{факт.}} = 35438,872$  при  $F_{\text{теор.}} = 2,698$ ), вплив фактора «вміст фітогормонів» був низьким (1,74–2,45 %). Для вмісту каротиноїдів у листках переважний вплив мав фактор «додаткові компоненти» (71,00 %,  $F_{\text{факт.}} = 4292,103$ ), вплив сорту винограду та вмісту фітогормонів був меншим (2,43–13,60 %). Частка взаємодії факторів, за винятком взаємодії факторів «сорт винограду» × «додаткові компоненти», не перевищувала 15,04 %, а похибка дослідження

залишалася мінімальною (0,04–0,39 %).

У пагонах вплив факторів, які вивчали, на пігментний комплекс був більш рівномірним, ніж у листках. Основну частку варіації хлорофілів *a* і *b* забезпечував фактор «додаткові компоненти», внесок факторів «вміст фітогормонів» та «сорт винограду» був різним залежно від пігменту. Для каротиноїдів головним фактором впливу залишався додаткові компоненти, вплив сорту винограду і вмісту фітогормонів був статистично достовірним, але менш вираженим. Частка неврахованих факторів залишалася мінімальною (2,06–13,16 %), що свідчить про високу надійність отриманих результатів.

Дисперсійний аналіз показав статистично достовірний вплив основних факторів на водний режим мікроклонів, які культивували на мінеральних субстратах, оскільки значення  $F_{\text{факт.}}$  перевищували табличні  $F_{\text{теор.}}$  (додаток Г. 9). Для вмісту води у прирості пагонів основним фактором впливу був фактор «тип поживних мінеральних субстратів» (91,70 %,  $F_{\text{факт.}} = 671,620$ ), вплив сорту винограду, взаємодії факторів, похибки були незначними (1,41–4,53 %). Для легкоутримуваної води вплив сорту винограду (43,61 %) і типу поживних мінеральних субстратів (43,07 %) був статистично достовірним, взаємодія факторів – 12,81 %, похибка – 0,52 %. Аналіз водоутримувальної здатності показав, що через 5 хв визначень був приблизно рівний вплив сорту винограду (44,28 %) і субстратів (42,40 %), через 10 хв вплив основних факторів був недостовірним, оскільки 59,29 % варіації припадало на похибку. Через 15–20 хв визначень вплив субстратів збільшувався до 70,41 %, через 30 хв – до 74,54 %, через 60 хв – 59,25 % при одночасному збільшенні впливу сорту винограду (35,74 %). Для сухих речовин у прирості основним фактором впливу залишався фактор «тип поживних мінеральних субстратів» (91,86 %), вплив сорту винограду – 2,90 %, взаємодія факторів – 4,67 %, похибка – 0,56 %.

Подібна закономірність спостерігалася і для показників інтенсивності транспірації. На ранніх часових проміжках визначень (через 5 хв) основним

фактором впливу був фактор «тип поживних мінеральних субстратів» (77,02 %), вплив сорту винограду був незначним (2,45 %), а взаємодія факторів – 14,29 %. Через 10 хв частка впливу вмісту фітогормонів зменшувалась до 50,47 %, вплив сорту винограду до 10,71 %, взаємодія факторів, навпаки, збільшувалась до 36,79 %. Похибка залишалась низькою (2,02–6,25 %).

Для показників водного режиму коренів (додаток Г. 10) основний вплив мав фактор «тип поживних мінеральних субстратів». Для загального вмісту води – 49,28 % ( $F_{\text{факт.}} = 207,002$ ), для легкоутримуваної води – 57,37 % ( $F_{\text{факт.}} = 6924,093$ ), для сухих речовин у коренях – 50,01 %. Слід зазначити, що вплив взаємодії факторів «тип поживних мінеральних субстратів» та «сорт винограду» знаходився у межах 28,67–41,05 %.

Для показників вмісту пігментів у листках і пагонах критерії Фішера основних факторів впливу перевищували табличні значення, що свідчить про статистично достовірний їх вплив (додаток Г. 11). Для листків основним фактором впливу на синтез хлорофілу *a* був фактор «тип поживних мінеральних субстратів» (56,62 %), на синтез хлорофілу *b* – фактор «сорт винограду» (53,22 %), на їх суму – фактор «тип поживних мінеральних субстратів» (50,19 %), на синтез каротиноїдів – фактор «тип поживних мінеральних субстратів» (71,26 %). Частка взаємодії факторів і похибка дослідів залишалися низькими (0,02–17,94 %). Для пагонів фактор «тип поживних мінеральних субстратів» мав найбільший вплив на синтез каротиноїдів (80,68 %), хлорофілу *a* (59,44 %), суми хлорофілів *a* і *b* (57,16 %). Синтез хлорофілу *b* відбувався під впливом субстратів і сорту винограду (23,95–57,16 %). Частка неврахованих факторів не перевищувала 2,13 %.

*Статистичний аналіз отриманих результатів за розділом 6.* Результати дисперсійного аналізу анатомічних показників продигового апарату нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду (поживні середовища) показали, що критерії Фішера для основних факторів впливу

загалом перевищували табличні значення (додаток Г. 12). Кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки формувалась під переважним впливом фактора «додаткові компоненти» (67,73 %,  $F_{\text{факт.}} = 7769,077$  при  $F_{\text{теор.}} = 2,308$ ), «сорт винограду» також мав суттєвий вплив (28,63 %,  $F_{\text{факт.}} = 5473,861$ ), вплив фактора «вміст фітогормонів» був найменшим (1,27 %). Загальна кількість продихів на площу листкової пластинки формувалась під впливом фактора «сорт винограду» (54,92 %,  $F_{\text{факт.}} = 68875,269$  при  $F_{\text{теор.}} = 2,698$ ), значний вплив мав фактор «додаткові компоненти» (33,10 %,  $F_{\text{факт.}} = 24905,114$ ), внесок фактора «вміст фітогормонів» залишався незначним (5,79 %). Сумарна частка взаємодії факторів не перевищувала 4,66 %, похибка досліду була мінімальною (0,03 %).

Лінійні розміри продихів нижнього епідермісу листків мікроклонів винограду показали, що основним фактором впливу був фактор «додаткові компоненти», частка його впливу дорівнювала 70,87–88,86 % для довжини, ширини та площі продихів, а також ширини замикаючих клітин і продихових щілин ( $F_{\text{факт.}} = 113\text{--}1117$  при  $F_{\text{теор.}} = 2,308$ ). Фактор «сорт винограду» мав менший вплив (0,78–20,12 %), внесок вмісту фітогормонів не перевищував 1,23–2,15 %. Взаємодія факторів була незначною, частка неврахованих факторів залишалася мінімальною (0,03–2,04 %).

Результати дисперсійного аналізу анатомічних показників продихового апарату листків мікроклонів винограду (мінеральні субстрати) (додаток Г. 13) показали статистично достовірний вплив основних факторів. Фактор «тип поживних мінеральних субстратів» визначав основну частку варіації більшості показників: кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки (55,83 %,  $F_{\text{факт.}} = 7494,136$ ), загальна кількість продихів на листковій поверхні (49,48 %,  $F_{\text{факт.}} = 26659,740$ ), довжина та ширина продихів (64,37–73,97 %,  $F_{\text{факт.}} = 96,309\text{--}208,548$ ), ширина продихових щілин та площа продихів (59,18–71,45 %,  $F_{\text{факт.}} = 5224,825$ ). Фактор «сорт винограду» мав менший, але достовірний вплив на варіацію показників (5,12–38,95 %), вплив взаємодії факторів залишався відносно невеликим (5,14–23,29 %). Похибка досліду

була мінімальною (0,02–6,91 %), що підтверджує надійність отриманих результатів.

*Статистичний аналіз отриманих результатів за розділом 7.* Приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* (дослід 1) (додаток Г. 14) через 30, 60 і 90 діб характеризувалася більшими значеннями критерію  $F_{\text{факт.}}$  порівняно з  $F_{\text{теор.}}$ , за всіма основними факторами. За фактором «додаткові компоненти»  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювали 2657,448 через 30 діб, 6049,209 через 60 діб і 1738,280 через 90 діб при  $F_{\text{теор.}} = 2,308$ , частка впливу була на рівні 63,42 %, 80,40 % і 64,77 %. Значення  $F_{\text{факт.}}$  за фактором «вміст фітогормонів» дорівнювали 3801,546, 3814,791 і 1918,640 при  $F_{\text{теор.}} = 3,939$ , частка впливу була на рівні 18,14 %, 10,14 % і 14,30 %. За фактором «сорт винограду» значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювали 392,289, 204,378 і 218,270 при  $F_{\text{теор.}} = 2,698$ , частка впливу була на рівні 5,62 %, 1,63 % і 4,88 %.

Приживлюваність мікроклонів винограду *in vivo* (дослід 2) (додаток Г. 15) через 30, 60 і 90 діб характеризувалася більшими значеннями  $F_{\text{факт.}}$ , за фактором «тип поживних мінеральних субстратів», при  $F_{\text{теор.}} = 2,901$ . Значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювали 11145,56 через 30 діб, 39540,38 через 60 діб і 29828,89 через 90 діб, частка впливу була на рівні 79,06 %, 97,19 % і 98,00 %. За фактором «сорт винограду» значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювали 1711,19, 602,25 і 263,25 при  $F_{\text{теор.}} = 2,901$ , частка впливу була на рівні 12,14 %, 1,48 % і 0,86 %. Для взаємодії факторів «сорт винограду» × «тип поживних мінеральних субстратів» значення  $F_{\text{факт.}}$  дорівнювали 409,90 через 30 діб, 176,96 через 60 діб і 111,75 через 90 діб при  $F_{\text{теор.}} = 2,189$ , частка впливу була на рівні 8,72 %, 1,30 % і 1,10 %. Похибка була на рівні 0,08 %, 0,03 % і 0,04 %.

## Висновки до розділу 8

1. Згідно зі схемою дослідження, у першому досліді (різні типи поживних середовищ) основними факторами, які впливали на показники, які вивчали, були: «сорт винограду» (фактор 1), вміст фітогормонів (ІОК і 6-БАП) (фактор

2) та «додаткові компоненти» (БАП, агроперліт, вермикуліт) (фактор 3). У другому досліді – «сорт винограду» (фактор 1), «тип поживних мінеральних субстратів» (фактор 2).

2. Дисперсійний аналіз експериментальних даних показав статистично достовірний вплив умов культивування мікроклонів винограду *in vitro* на формування оптимальних морфофункціональних характеристик, необхідних для успішної адаптації. Проте для окремих показників, зокрема проліферації пазушних бруньок, ризогенезу ініціальних експлантів і приживлюваності мікроклонів *in vitro*, вплив окремих факторів або їх взаємодії не був статистично достовірним. За більшістю інших показників значення критерію Фішера для основних факторів перевищували табличні, що дало змогу кількісно оцінити їх частку впливу та встановити взаємозв'язок між станом рослин *in vitro* і рівнем їх приживлюваності в умовах *in vivo*.

3. Проліферація пазушних бруньок у досліді, де мікроклони культивували на поживних середовищах, найбільше залежала від додаткових компонентів поживного середовища MS (понад 70,00 % загальної варіації), ризогенез формувався під сумарним впливом додаткових складових і фітогормонального складу (близько 75,00 %). Приживлюваність ініціальних експлантів визначалась фітогормональним складом поживного середовища (понад 65,00 %), вплив сорту винограду не перевищував 15,00 %, взаємодія факторів була незначною (до 8,00 %).

У досліді, де мікроклони культивували на поживних субстратах, основним фактором, який впливав на показники регенерації ініціальних експлантів винограду, був фактор «тип поживних мінеральних субстратів»: 79,77 % для проліферації пазушних бруньок, 86,60 % – для ризогенезу та 72,30 % – для приживлюваності експлантів. Вплив сорту винограду був незначним і знаходився у межах 5,28–16,70 %, частка взаємодії факторів не перевищувала 8,01–14,51 %. Низький рівень експериментальної похибки (0,04–0,11 %) доводить високу достовірність отриманих результатів.

4. Біометричні показники розвитку надземної вегетативної маси (висота

рослин, кількість і площа листків, площа листкової поверхні, облистяність) (дослід 1) визначалися фактором «сорт винограду» (51,84–69,72 %), вплив додаткових компонентів був меншим, але статистично значущим (23,20 %). На показники площі листка, площі листкової поверхні та облистяності найбільше впливали додаткові компоненти, частка їх впливу дорівнювала 35,7–62,9 %.

Біометричні показники розвитку кореневої системи (кількість коренів, кількість коренів I і II порядків, довжина коренів I і II порядків, довжина одного кореня I і II порядків) визначалися фактором «додаткові компоненти»: 53,43–87,58 %, вплив інших факторів та їх взаємодії був на рівні 0,61–7,68 %.

Після культивування мікроклонів винограду на поживних мінеральних субстратах формування вегетативної надземної маси залежало від типу поживних мінеральних субстратів (висота рослин – 93,15 %, кількість листків – 51,36 %, площа листка – 68,85 %, площа листкової поверхні – 76,00 %, облистяність – 74,54 %), вплив сорту винограду був меншим, але статистично значущим і дорівнював 2,44–35,12 %. Частка впливу взаємодії факторів була на рівні 3,98–19,90 %.

Формування кореневої системи також залежало від фактора «тип поживних мінеральних субстратів» і було найбільшим для показників кількості коренів I і II порядків (53,55–61,06 %), довжини коренів I і II порядків (72,55–97,33 %) і довжини одного кореня I і II порядків (44,47–82,40 %). Частка впливу сорту винограду і взаємодії факторів була меншою і знаходилась, в основному, у межах до 32,37 %.

5. Дисперсійний аналіз фізіолого-біохімічних показників мікроклонів винограду (поживні середовища) показав, що основним фактором, який впливав на їх формування, були додаткові компоненти поживного середовища. Для показників загального вмісту води, легкоутримуваної води, сухих речовин вегетативної надземної маси частка його впливу знаходилась в межах 50,01–88,66 %, для кореневої системи (для аналогічних показників) відповідно – в межах 56,86–87,12 %. На водоутримувальну здатність

мікроклонів винограду через 5–10 хв переважно впливав «сорт винограду», частка впливу якого була вищою за вплив інших факторів. Через 15–20 хв основний вплив мав фактор «додаткові компоненти» поживного середовища, який збільшувався і дорівнював 37,05–46,14 % через 30 та 60 хв.

Після культивування мікроклонів винограду на поживних мінеральних субстратах в умовах *in vitro* на формування функціонального стану рослин найбільший вплив мав фактор «тип поживних мінеральних субстратів». Для показників загального вмісту, легкоутримуваної води, сухих речовин вегетативної надземної маси частка його впливу дорівнювала 43,07–91,86 %. Для показників водоутримувальної здатності основними факторами впливу були «сорт винограду» і «тип поживних мінеральних субстратів», частка їх впливу для показників через 5–60 хв дорівнювала 11,54–44,28 % і 13,47–74,54 %. Для показників інтенсивності транспірації зберігалась аналогічна тенденція (50,47–77,02 % – «тип поживних мінеральних субстратів», 2,45–10,71 % – «сорт винограду»).

Вміст пігментів у тканинах листків і пагонів (культивування на поживних середовищах) більшою мірою залежав від фактора «додаткові компоненти». Для показників вмісту хлорофілів *a* і *b* його вплив був у межах 33,16–79,11 %; для показника суми хлорофілів  $a + b$  – 28,96–55,81 %, для показників вмісту каротиноїдів – 36,76–71,00 %. Частка впливу фактора «сорт винограду» становила 4,13–39,51 %, фактору вміст фітогормонів – у межах 1,74–35,96 %. Частка впливу взаємодії факторів дорівнювала 0,17–15,04 %, похибки – 0,09–13,16 %.

У досліді, де культивування мікроклонів винограду здійснювали на поживних мінеральних субстратах, основний вплив на показники пігментного комплексу листків і пагонів мав фактор «тип поживних мінеральних субстратів». Частка його впливу на вміст хлорофілів *a* і *b* дорівнювала 28,78–59,44 %, на суму хлорофілів  $a + b$  – 50,19–81,20 %, на вміст каротиноїдів – 13,41–71,26 %. Частка впливу фактора «сорт винограду» і взаємодії факторів «сорт винограду» × «тип поживного мінерального

субстрату» мали менше статистичне значення (7,65–17,94 %). Похибка не перевищувала 0,06–2,13 %.

6. Для більшості показників, які характеризують стан розвитку продихового апарату нижнього епідермісу листкової пластинки (культивування на поживних середовищах), основним фактором впливу був фактор «додаткові компоненти». Частка його впливу на кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки дорівнювала 67,73 %, на довжину і ширину продихів – 70,87–76,37 %, на ширину замикаючих клітин та ширину продихових щілин – 70,15–88,86 %, на площу продихів – 88,86 %. На показник кількості продихів листкової пластинки найбільше впливав фактор «сорт винограду» – 54,92 %, частка впливу фактора «додаткові компоненти» дорівнювала 33,10 %. Частка впливу вмісту фітогормонів для всіх показників не мала статистичного значення (0,61–5,79 %).

Для досліду, де мікроклони винограду культивували на поживних мінеральних субстратах, більшість анатомічних характеристик продихового апарату формувалися під впливом фактора «тип поживних мінеральних субстратів». Частка його впливу на кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> та на площу листкової пластинки знаходилась у межах 49,48–55,83 %, на довжину, ширину продихів – 64,37–73,97 %, на ширину замикаючих клітин, ширину продихової щілини – 39,90–59,18 %, на площу продихів – 71,45 %. Частка впливу фактора «сорт винограду» і взаємодії факторів дорівнювала 5,12–43,01 %, похибка для більшості показників не перевищувала 0,08–6,91 %.

7. Приживлюваність мікроклонів винограду, які культивували *in vitro*, в умовах *in vivo* (яку визначали через 30, 60 і 90 діб), за схемою першого досліду залежала від фактора «додаткові компоненти». Такий вплив був на рівні 63,42–80,40 %. Частка впливу фактора «вміст фітогормонів» дорівнювала 10,14–18,14 %. Частка впливу фактора «сорт винограду» була на рівні 1,63–5,62 %. Частка впливу взаємодії факторів змінювалась в межах 0,91–6,96 %. Похибка не перевищувала 0,72 %.

Приживлюваність мікроклонів винограду, які культивували *in vitro*, в

умовах *in vivo* (яку визначали через 30, 60 і 90 діб), за схемою другого дослідження на 79,06–98,00 % залежала від фактора «тип поживних мінеральних субстратів». Частка впливу сорту винограду дорівнювала 0,86–12,14 %. Частка впливу взаємодії факторів «сорт винограду» × «тип поживних мінеральних субстратів» не перевищувала 8,72 %, похибка була на рівні 0,03–0,08 %.

**РОЗДІЛ 9**  
**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ КУЛЬТИВУВАННЯ ВИНОГРАДУ**  
***IN VITRO***

Економічна оцінка удосконалених методів культивування винограду *in vitro* є важливою складовою роботи, оскільки дає змогу не лише встановити біологічний ефект, а й показати, наскільки ці рішення виправдані з погляду на виробництво.

Економічну ефективність оцінювали з розрахунку вирощування 1000 адаптованих мікроклонів винограду сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило», «Загрей» для кожного варіанту. При цьому враховували загальні виробничі витрати, собівартість одержаних адаптованих мікроклонів, величину прибутку та рівень рентабельності процесу культивування винограду вищевказаних сортів *in vitro* та *in vivo*.

Оскільки приживлюваність мікроклонів винограду в умовах *in vivo* визначали через 30, 60 та 90 діб, то і основні економічні показники розраховували для рослин, що приживалися у ці терміни. Це дало змогу простежити, як змінюється економічний результат залежно від прийнятого технологічного рішення.

Приживлюваність мікроклонів винограду фактично визначає економічний результат усієї технології. Чим нижча приживлюваність, тим дорожчою буде кожна отримана рослина і тим меншим буде чистий прибуток і рентабельність. Саме тому економічні показники розраховували окремо для 30-, 60- та 90-денного періоду адаптації – це дає змогу чітко простежити, як знижується або зростає ефективність технологічного прийому, залежно від приживлюваності мікроклонів.

*Витрати на одержання адаптованих мікроклонів.* Основну частку становили витрати на приготування поживних середовищ (приблизно 20000,0–21600,0 грн), що цілком закономірно, адже саме поживне

середовище задає базову собівартість у культурі *in vitro* і не залежить від того, наскільки успішно рослини пройдуть подальшу адаптацію. Значними були також витрати на енергоносії (11139,0 грн), пов'язані з підтриманням температурного режиму та освітлення в культуральних боксах, адаптаційних кімнатах, трудові витрати (6500,0 грн) та витрати на введення ініціальних експлантів у культуру *in vitro* та їх мікророзмноження (1500,0 грн) (табл. 9.1, додаток Д. 1–Д. 3).

Змінними були витрати на вартість компонентів, які додавали до поживних середовищ. Так, на прикладі сорту «Добриня» показано, що у варіантах, де до поживного середовища додавали біологічно активні препарати, загальні витрати дорівнювали 1110,0 грн та 250,3 грн (вартість препаратів Радіфарм і Clonex gel), у варіантах, де до поживного середовища додавали структуроутворювальні компоненти, відповідно – 130,2 грн, 90,4 грн і 220,6 грн (вартість мінеральних компонентів – агроперліт, вермикуліт та агроперліт + вермикуліт). У підсумку сукупні витрати були у межах 39139,0–40739,0 грн для контрольних варіантів, 39389,3–41849,2 грн для варіантів із БАП та 39229,4–40959,6 грн для варіантів із структуроутворювальними компонентами. Відносно до контролю вони збільшувались на 0,4–1,7 %. Аналогічну закономірність за цим показником було отримано і для технічних сортів.

Після використання у якості поживних середовищ мінеральних субстратів структура витрат включала (дані наведені на прикладі сорту «Добриня») витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження (1500 грн), підготовку мінеральних субстратів (10000,0–11600,0 грн), вартість субстратів (агроперліт – 1800,0 грн, вермикуліт – 1440,0 грн, агроперліт + вермикуліт – 1620 грн), енергоносії (11139,0 грн) та трудові витрати (7500,0 грн).

Таким чином, сукупні витрати змінювалися у контрольних варіантах – 30139,0–31739,0 грн, після застосування мінеральних субстратів – 31759,0–33179,0 грн, що було більшим за контрольні показники на 2,7–7,2 %.

Таблиця 9.1

**Економічна ефективність удосконалених технологічних прийомів культивування винограду підщепного сорту «Добриня» *in vitro***

| Показники                                | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |         |        |
|--|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|  |                                       |                     | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |        |
| 1  | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |        |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію       | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0 |
| Приживлюваність мікроклонів через:       | 30                                    | шт.                 | 465,0             | 375,0   | 600,0   | 545,0   | 620,0   | 560,0   |        |
|  | 30                                    | %                   | 46,5              | 37,5    | 60,0    | 54,5    | 62,0    | 56,0    |        |
|  | 60                                    | шт.                 | 360,0             | 295,0   | 500,0   | 470,0   | 545,0   | 495,0   |        |
|  | 60                                    | %                   | 36,0              | 29,5    | 50,0    | 47,0    | 54,5    | 49,5    |        |
|  | 90                                    | шт.                 | 281,0             | 215,0   | 440,0   | 410,0   | 505,0   | 445,0   |        |
|  | 90                                    | %                   | 28,1              | 21,5    | 44,0    | 41,0    | 50,5    | 44,5    |        |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т.ч. | -                                     | грн                 | 39139,0           | 40739,0 | 40249,2 | 41849,2 | 39389,3 | 40989,3 |        |

Продовження табл. 9.1

| 1   | 2  | 3   | 4        | 5        | 6       | 7        | 8       | 9       |
|---|----|-----|----------|----------|---------|----------|---------|---------|
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -  | грн | 1500,0   | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних середовищ                                   | -  | грн | 20000,0  | 21600,0  | 20000,0 | 21600,0  | 20000,0 | 21600,0 |
| - вартість препаратів   | -  | грн | -        | -        | 1110,2  | 1110,2   | 250,3   | 250,3   |
| - енергоресурси   | -  | грн | 11139,0  | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати   | -  | грн | 6500,0   | 6500,0   | 6500,0  | 6500,0   | 6500,0  | 6500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів                         | 30 | грн | 84169,9  | 108637,0 | 67082,0 | 76787,5  | 63531,1 | 73195,2 |
|   | 60 | грн | 108719,0 | 138098,0 | 80498,4 | 89040,9  | 72273,9 | 82806,7 |
|   | 90 | грн | 139285,0 | 189484,0 | 91475,5 | 102071,0 | 77998,6 | 92110,8 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн                        | -  | грн | 90,0     | 90,0     | 90,0    | 90,0     | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)                                      | 30 | грн | 2711,0   | -        | 13750,8 | 7200,8   | 16410,7 | 9410,7  |
|   | 60 | грн | -        | -        | 4750,8  | 450,8    | 9660,7  | 3560,7  |
|   | 90 | грн | -        | -        | -       | -        | 6060,7  | -       |
| Рівень рентабельності   | 30 | %   | 6,92659  | -        | 34,2    | 17,2     | 41,7    | 22,9    |
|   | 60 | %   | -        | -        | 11,8    | 1,1      | 24,5    | 8,7     |
|   | 90 | %   | -        | -        | -       | -        | 15,4    | -       |

| Показники   | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |         |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   |                                       |                     | 7                 | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію                                  | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:                                  | 30                                    | шт.                 | 800,0             | 760,0   | 855,0   | 770,0   | 900,0   | 800,0   |
|   | 30                                    | %                   | 80,0              | 76,0    | 85,5    | 77,0    | 90,0    | 80,0    |
|   | 60                                    | шт.                 | 750,0             | 660,0   | 725,0   | 680,0   | 845,0   | 720,0   |
|   | 60                                    | %                   | 75,0              | 66,0    | 72,5    | 68,0    | 84,5    | 72,0    |
|   | 90                                    | шт.                 | 720,0             | 635,0   | 705,0   | 640,0   | 810,0   | 700,0   |
|   | 90                                    | %                   | 72,0              | 63,5    | 70,5    | 64,0    | 81,0    | 70,0    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т.ч.                            | -                                     | грн                 | 39269,2           | 40869,2 | 39229,4 | 40829,4 | 39359,6 | 40959,6 |
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -                                     | грн                 | 1500,0            | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних середовищ                                   | -                                     | грн                 | 20000,0           | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 |

Продовження табл. 9.1

| 1  | 2  | 3   | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
|--|----|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| - вартість препаратів                        | -  | грн | 130,2   | 130,2   | 90,4    | 90,4    | 220,6   | 220,6   |
| - енергоресурси                              | -  | грн | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати                            | -  | грн | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів  | 30 | грн | 49086,5 | 53775,3 | 45882,3 | 53025,2 | 43732,9 | 51199,5 |
|  | 60 | грн | 52358,9 | 61923,0 | 54109,5 | 60043,2 | 46579,4 | 56888,3 |
|  | 90 | грн | 54540,6 | 64360,9 | 55644,5 | 63795,9 | 48592,1 | 58513,7 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн | -  | грн | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)               | 30 | грн | 32730,8 | 27530,8 | 37720,6 | 28470,6 | 41640,4 | 31040,4 |
|  | 60 | грн | 28230,8 | 18530,8 | 26020,6 | 20370,6 | 36690,4 | 23840,4 |
|  | 90 | грн | 25530,8 | 16280,8 | 24220,6 | 16770,6 | 33540,4 | 22040,4 |
| Рівень рентабельності                        | 30 | %   | 83,3    | 67,4    | 96,2    | 69,7    | 105,8   | 75,8    |
|  | 60 | %   | 71,9    | 45,3    | 66,3    | 49,9    | 93,2    | 58,2    |
|  | 90 | %   | 65,0    | 39,8    | 61,7    | 41,1    | 85,2    | 53,8    |

Додаткові витрати на мінеральний субстрат збільшували загальні витрати тільки на 1400,0–1800,0 грн порівняно з контролем, тобто вони суттєво не впливали на зниження економічного результату. Аналогічну закономірність за даним показником було отримано і для технічних сортів (табл. 9.2, додаток Д. 4–Д. 6).

*Собівартість.* Показник собівартості адаптованих мікроклонів винограду на різних поживних середовищах безпосередньо залежав від приживлюваності рослин через 30, 60 та 90 діб адаптації. За незмінних витрат збільшення кількості рослин, що приживалися, сприяло зменшенню витрат на 1000 шт. одержаної продукції. У контрольних варіантах (перший, другий), де мікроклони культивували на поживних середовищах без додаткових складових, приживлюваність була низькою, особливо на 60–90 добу спостережень, тому собівартість продукції різко зростала – до 138098,3 грн (60-та доба) і 189483,7 грн (90-та доба). Така собівартість фактично унеможливує економічно виправдане промислове використання технології без її модернізації. У сьомому–дванадцятому дослідних варіантах, де до поживних середовищ MS додавали структуроутворювальні компоненти, приживлюваність мікроклонів в умовах *in vivo* була більшою і це сприяло зниженню собівартості продукції в середньому на 36,6–52,9 % (через 30 діб), 45,7–58,8 % (через 60 діб), 51,3–69,1 % (через 90 діб) для підщепних і на 23,7–40,3 %, 35,8–57,6 %, 40,3–59,8 % для технічних сортів відносно контролю та відповідно на 35,5–41,9 %, 24,2–46,7 %, 30,2–57,9 % і на 22,3–27,2 %, 14,7–26,1 %, 14,2–25,0 % відносно варіантів із БАП. Натомість, показники собівартості для варіантів, де застосували Радіфарм і Clonex gel у поживних середовищах, збільшувались відносно контролю на 8,5–32,6 % (через 30 діб), 26,0–45,1 % (через 60 діб), 34,3–54,4 % (через 90 діб) для підщепних сортів, відповідно на 5,1–20,3 %, 28,2–45,1 %, 31,1–48,3 % для технічних сортів (табл. 9.1, додаток Д. 1–Д. 3).

Таблиця 9.2

**Економічна ефективність удосконалених технологічних прийомів культивування винограду підщепного сорту «Добриня» *in vitro***

| Показники                                | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |
|--|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
|  |                                       |                     | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 1  | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію       | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:       | 30                                    | шт.                 | 465,0             | 375,0   | 825,0   | 783,0   | 867,0   |
|  | 30                                    | %                   | 46,5              | 37,5    | 82,5    | 78,3    | 86,7    |
|  | 60                                    | шт.                 | 360,0             | 295,0   | 730,0   | 685,0   | 780,0   |
|  | 60                                    | %                   | 36,0              | 29,5    | 73,0    | 68,5    | 78,0    |
|  | 90                                    | шт.                 | 281,0             | 215,0   | 670,0   | 655,0   | 750,0   |
|  | 90                                    | %                   | 28,1              | 21,5    | 67,0    | 65,5    | 75,0    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т.ч. | -                                     | грн                 | 30139,0           | 31739,0 | 31939,0 | 33179,0 | 31759,0 |

Продовження табл. 9.2

| 1   | 2  | 3   | 4        | 5        | 6       | 7       | 8       |
|---|----|-----|----------|----------|---------|---------|---------|
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -  | грн | 1500,0   | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних субстратів                                  | -  | грн | 10000,0  | 11600,0  | 10000,0 | 11600,0 | 10000,0 |
| - вартість мінеральних субстратів                                   | -  | грн | -        | -        | 1800,0  | 1440,0  | 1620,0  |
| - енергоресурси   | -  | грн | 11139,0  | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати   | -  | грн | 7500,0   | 7500,0   | 7500,0  | 7500,0  | 7500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів                         | 30 | грн | 64815,1  | 84637,3  | 38713,9 | 42374,2 | 36630,9 |
|   | 60 | грн | 83719,4  | 107589,8 | 43752,1 | 48436,5 | 40716,7 |
|   | 90 | грн | 107256,2 | 147623,3 | 47670,1 | 50655,0 | 42345,3 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн                        | -  | грн | 90,0     | 90,0     | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)                                      | 30 | грн | 11711,0  | 2011,0   | 42311,0 | 37291,0 | 46271,0 |
|   | 60 | грн | 2261,0   | -        | 33761,0 | 28471,0 | 38441,0 |
|   | 90 | грн | -        | -        | 28361,0 | 25771,0 | 35741,0 |
| Рівень рентабельності   | 30 | %   | 38,9     | 6,3      | 132,5   | 112,4   | 145,7   |
|   | 60 | %   | 7,5      | -        | 105,7   | 85,8    | 121,0   |
|   | 90 | %   | -        | -        | 88,8    | 77,7    | 112,5   |

Після використання мінеральних субстратів як поживного середовища для культивування мікроклонів винограду, собівартість адаптованих мікроклонів, порівняно з контролями, суттєво зменшувалась. Так, у контрольних варіантах (перший, другий), де було стандартне поживне середовище MS, собівартість 1000 адаптованих мікроклонів на 30 добу була відносно високою – 50231,7–84637,9 грн (за сортами), при збільшенні терміну адаптації до 90 діб, вона зростала до 84898,6–147623,3 грн. У третьому–п'ятому варіантах собівартість продукції на 30 добу суттєво знижувалася: для сорту «Добриня» – до 36630,9–42374,2 грн, для сорту «Гарант» – до 39112,1–44416,3 грн, для сорту «Ярило» – до 39698,8–49520,9 грн, для сорту «Загрей» – до 42232,7–51440,3 грн. На 90 добу в цих варіантах вона зменшувалась і знаходилась у межах 42345,3–60878,9 грн. Порівняно з контролем показник собівартості зменшувався на 26,7–51,0 % (через 30 діб), 45,9–57,4 % (через 60 діб), 52,7–66,8 % (через 90 діб) для підщепних і відповідно на 11,0–29,4 %, 35,0–52,5 %, 38,6–59,7 % для технічних сортів (табл. 9.2, додаток Д. 4–Д. 6).

*Прибуток.* Економічний результат оцінюється і величиною прибутку. У варіантах дослідів (контрольні та з БАП), де приживлюваність була низькою, прибутку від реалізації продукції не було, збитки дорівнювали у середньому 9541,5–15121,5 грн (на 60–90 добу адаптації). Це означає, що традиційна технологія не забезпечує окупності понесених витрат. У варіантах із структурованими поживними середовищами (сьомий, дев'ятий, одинадцятий) прибуток був найбільшим. На 30 добу адаптації він становив 28230,8–48840,4 грн, залежно від сорту. Найбільші значення цього показника були характерні для сорту «Ярило» (до 48840,4 грн), де поєднувалися високий вихід рослин і менша собівартість. Сорти «Добриня», «Гарант» і «Загрей» також показали позитивний результат – 28230,8–47130,8 грн для варіантів із структурованими поживними середовищами (табл. 9.1, додаток Д. 1–Д. 3).

Подібні результати встановлено й у варіантах із мінеральними субстратами. У дослідних варіантах (третій–п'ятий) прибуток через 30 діб

культивування дорівнював для сорту «Добриня» 37291,0–46271,0 грн, для сорту «Гарант» – 34051,0–41321,0 грн, для сорту «Ярило» – 27121,0–40241,0 грн, для сорту «Загрей» – 24871,0–35921,0 грн. Через 60 та 90 діб прибуток дещо зменшувався, але залишався достатнім для забезпечення окупності витрат. Контрольні варіанти були збитковими. Різниця прибутку між дослідними варіантами і контролем становила в середньому через 90 діб – 26380,0–37340,0 грн (табл. 9.2, додаток Д. 4–Д. 6).

*Рівень рентабельності.* Рентабельність виробництва підсумовує вплив усіх названих чинників. Рівень рентабельності контрольних варіантів (стандартне поживне середовище MS) був дуже низьким і навіть від’ємним, що свідчить про відсутність окупності. У дослідних варіантах, де рослини культивували на структурованих поживних середовищах, рентабельність у середньому дорівнювала 80,7–92,0 % на 30 добу. Через 60–90 діб адаптації цей показник був у межах 53,1–92,0 %, тобто технологія залишалася економічно стійкою (для сортів «Добриня», «Гарант», «Ярило»). Для сорту «Загрей» цей показник був нижчим і не перевищував 50,0 % (через 60 діб у середньому за варіантами рентабельність дорівнювала 30,2 %, через 90 діб – 13,8 %), що свідчить про недостатню ефективність порівняно з іншими сортами. Відносно контролю рівень рентабельності збільшувався на 83,5–120,6 % – для сорту «Добриня», 70,2–104,1 % – для сорту «Гарант», 68,5–107,0 % – для сорту «Ярило», 49,9–91,7 % – для сорту «Загрей» (табл. 9.1, додаток Д. 1–Д. 3).

У дослідженні із застосуванням мінеральних субстратів рентабельність також була різною у дослідних та контрольних варіантах. На 30 добу адаптації у контролях цей показник дорівнював 22,5–63,3 %, а через 60–90 діб адаптації знижувався до нульових значень. У варіантах, після застосування агроперліту, вермикуліту, суміші агроперліт + вермикуліт, рентабельність на 30 добу дорівнювала 112,4–145,7 % для сорту «Добриня», 102,6–130,1 % для сорту «Гарант», 81,7–126,7 % для сорту «Ярило» та 75,0–113,1 % для сорту «Загрей». Навіть при збільшенні тривалості адаптації до 60

діб рівень рентабельності дорівнював 58,7–121,0 %, при збільшенні тривалості адаптації до 90 діб – дорівнював 47,8–112,5 %. Порівняно із контролем цей показник був більшим на 90,2–125,5 % (через 60 діб), 105,2–140,1 % (через 90 діб) для сорту «Добриня», відповідно на 79,6–111,0 %, 86,8–115,4 % для сорту «Гарант», на 53,6–100,9 %, 55,1–102,0 % для сорту «Ярило» та на 61,8–103,4 %, 75,3–113,9 % для сорту «Загрей» (табл. 9.2, додаток Д. 4–Д. 6).

### Висновки до розділу 9

1. Приживлюваність мікроклонів винограду залежала від складу поживного середовища та типу мінерального субстрату, які використовували під час культивування рослин в умовах *in vitro*.

У досліді з модифікованими поживними середовищами найбільші значення цього показника (до 98,0 % через 30 діб та до 82,5 % через 90 діб) були у варіантах: MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + агроперліт, MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + вермикуліт, MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + (агроперліт + вермикуліт), що підтверджує ефективність удосконалених технологічних прийомів. У першому, другому (контроль 1 та контроль 2) та третьому–шостому (MS + Радіфарм та MS + Clonex gel) варіантах показник приживлюваності характеризувався найменшими значеннями і знаходився на рівні 21,5–28,1 % (контроль 1, контроль 2) та 40,0–50,0 % (MS + Радіфарм та MS + Clonex gel). Це свідчить про те, що технологія культивування винограду у контрольних варіантах є недоцільною, а використання варіантів із БАП обмежує практичну доцільність її впровадження.

У досліді з мінеральними поживними субстратами (агроперліт, вермикуліт та їх суміш) приживлюваність мікроклонів також була на високому рівні і перевищувала контрольні показники у 1,2–3,0 раза після всіх строків адаптації рослин. У контрольних варіантах цей показник, навпаки, поступово знижувався. Після 30 діб адаптації він дорівнював 37,5–60,0 %,

після 60 діб – 29,5–40,0 %, після 90 діб – 21,5–35,5 %.

Проте слід зазначити, що порівняння показника приживлюваності мікроклонів винограду у найкращих варіантах модифікованих поживних середовищ (із додаванням структуроутворювальних компонентів) та у найкращих варіантах із мінеральними поживними субстратами (агроперліт + вермикуліт) показало перевагу на користь модифікованих поживних середовищ.

2. Загальні витрати на одержання мікроклонів винограду у першому досліді (культивування рослин на стандартних і модифікованих поживних середовищах) становили 39139,0–41849,2 грн, у другому досліді (культивування рослин на мінеральних субстратах) – 30139,0–33179,0 грн.

До статей витрат, що змінювалися, слід віднести: витрати на приготування поживних середовищ, вартість біологічно активних препаратів та вартість мінеральних субстратів (агроперліт, вермикуліт або їх суміші), які використовували як структуроутворювальні компоненти у складі модифікованих середовищ або як чисті субстрати для культивування рослин. Ці витрати коливалися у межах 250,3–1110,0 грн (третій–шостий варіанти першого досліді), у межах 90,4–220,6 грн (сьомий–дванадцятий варіанти першого досліді) та 1440,0–1800,0 грн (третій–п’ятий варіанти другого досліді).

Незмінними (відповідно до схеми дослідження) залишалися: витрати на енергоресурси (11139,0 грн), трудові витрати (6500–7500 грн) та витрати на введення ініціальних експлантів у культуру *in vitro* (1500 грн).

3. Собівартість 1000 адаптованих мікроклонів винограду суттєво залежала від рівня приживлюваності мікроклонів та удосконалених технологічних прийомів.

У варіантах з модифікованими поживними середовищами низька приживлюваність рослин у контрольних варіантах та у варіантах, де до поживного середовища додавали БАП (перший–шостий варіанти), призводила до формування високої собівартості продукції. Вона збільшувалась до

189483,7 грн – термін адаптації 90 діб. У сьомому–дванадцятому варіантах (культивування рослин на структурованих поживних середовищах) за рахунок високої приживлюваності мікроклонів винограду їх собівартість знижувалася до 40163,0–97308,0 грн (за аналогічного терміну адаптації). Необхідно вказати, що найменшим був цей показник в одинадцятому варіанті (MS + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП + агроперліт + вермикуліт) і дорівнював 40163,0 грн.

У варіантах із мінеральними субстратами собівартість 1000 адаптованих мікроклонів винограду знижувалася до 36630,9–60878,9 грн, при 50231,7–147623,3 грн у контролі, що у черговий раз підтверджує переваги застосування удосконалених технологічних прийомів.

4. Прибуток на 1000 адаптованих мікроклонів винограду залежав від рівня приживлюваності мікроклонів і собівартості продукції, що так само визначає економічну ефективність впровадження удосконалених технологічних прийомів.

У контрольних варіантах та варіантах із модифікованими БАП поживними середовищами (перший, другий та третій–шостий) низька приживлюваність мікроклонів призводила до відсутності прибутку (контрольні варіанти) або до невеликих його значень – 2011,0–25860,7 грн (30 діб), 360,8–19560,7 грн (60 діб) та 450,8–13260,7 грн (90 діб). Це свідчить про недоцільність культивування мікроклонів за таких технологічних протоколів. Максимальний прибуток був в одинадцятому варіанті і дорівнював 39390,4–48840,4 грн на 30-ту добу, 24540,4–37590,4 грн на 60 добу, 19320,4–34890,4 грн на 90 добу, що вказує на економічну доцільність щодо його практичного впровадження.

Для варіантів із мінеральними субстратами прибуток був у межах 22511,0–42311,0 грн (агроперліт), 15871,0–37291,0 грн (вермикуліт) та 29171,0–46271,0 грн (агроперліт + вермикуліт). Прибутку від реалізації одержаної продукції у контрольних варіантах не відзначали.

Проте порівняння за цим показником найкращих варіантів першого дослідження (сьомий–дванадцятий: 620,8–48840,4 грн) та другого дослідження (третій–

п'ятий: 15871,0–46271,0 грн) показано переваги на користь використання мінеральних субстратів.

5. Рентабельність виробництва згідно зі схемою дослідження була різною. У варіантах із модифікованими поживними середовищами (перший дослід, сьомий–дванадцятий варіанти) рівень рентабельності на 30 добу адаптації рослин дорівнював 40,9–124,1 %, на 60 добу – 16,8–95,5 %, на 90 добу – 14,5–88,6 %. Контрольні варіанти та варіанти з БАП були малоефективними або збитковими, рівень рентабельності був у межах 0,9–46,5 %. Найвищим рівнем рентабельності характеризувався протокол культивування винограду *in vitro* з подальшою адаптацією *in vivo* одинадцятого варіанта, що свідчить про його ефективність.

У досліді з мінеральними субстратами (другий дослід, третій–п'ятий варіанти) встановлено найвищий рівень рентабельності, навіть порівняно з найкращими варіантами першого досліді – 75,0–145,7 % на 30 добу, 58,7–121,0 % на 60 добу та 47,8–112,5 % на 90 добу. У контрольних варіантах, залежно від строків адаптації мікроклонів, рівень рентабельності був або дуже низьким (6,0–79,2 %), або взагалі відсутнім.

## ВИСНОВКИ

1. Мікроклональне розмноження винограду є ефективним і перспективним біотехнологічним підходом для отримання високоякісного, оздоровленого та генетично стабільного садивного матеріалу. Незважаючи на значну кількість досліджень, спрямованих на удосконалення окремих етапів культивування рослин *in vitro*, більшість із них має фрагментарний характер і зосереджена переважно на доборі типів поживних середовищ, їх фітогормонального складу, фізичних умов культивування як *in vitro*, так і *in vivo*. Загалом поза увагою залишаються питання реалізації регенераційного потенціалу та функціонального стану рослин.

Для винограду залишаються недостатньо вивченими питання визначення ефективних факторів цілеспрямованого формування фізіолого-біохімічного, анатомічного стану та морфо-біометричних характеристик розвитку вегетативної надземної маси мікроклональних рослин на етапі культивування *in vitro* для подальшої успішної адаптації до неконтрольованих умов. Зокрема, це стосується особливостей водного режиму, вмісту сухих речовин і фотосинтетичних пігментів, функціонального стану продихового апарату листкових пластинок, а також характеру росту пагонів і формування кореневої системи. Саме сукупність цих показників визначає адаптивний потенціал рослин і рівень їх приживлюваності після перенесення в умови *in vivo*. Проте у наукових працях, як вітчизняних, так і зарубіжних учених, рідко наводяться результати щодо їх визначення у взаємозв'язку між собою та впливом на адаптацію рослин *in vivo*.

Крім того, існуючі шляхи інтенсифікації росту і ризогенезу мікроклонів винограду базуються на використанні підвищених концентрацій фітогормонів або окремих біологічно активних компонентів у складі поживних середовищ, що часто супроводжується негативними морфогенетичними ефектами, неоднозначною сортовою реакцією або

обмежується високою вартістю і недостатньою відтворюваністю результатів. Питання використання альтернативних, доступних, фізіологічно обґрунтованих та інертних компонентів поживних середовищ в умовах *in vitro* для винограду досліджувалися мало. У зв'язку з цим актуальним є проведення комплексного дослідження, спрямованих на оптимізацію умов культивування *in vitro* мікроклональних рослин винограду з урахуванням їх фізіолого-біохімічних та анатомічних особливостей, що формуються у процесі росту і розвитку. Такий підхід дасть змогу не тільки підвищити ефективність окремих етапів мікроклонального розмноження, але й забезпечить формування рослин із високим адаптаційним потенціалом та стабільною приживлюваністю в умовах *in vivo*. Вивчення цих питань і зумовило доцільність та наукову новизну проведених досліджень.

2. Ефективність регенерації ініціальних експлантів винограду в умовах *in vitro*, зокрема їх приживлюваність, проліферація пазушних бруньок і ризогенез, визначається комплексним впливом складу поживного середовища, концентрацій фітогормонів, використання біологічно активних препаратів, типу мінерального субстрату та сортових особливостей. Найбільш сприятливі умови для регенерації були сформовані на поживних середовищах із зниженими концентраціями фітогормонів (0,2 мг/л 6-БАП, 0,3 мг/л ІОК) у поєднанні з біологічно активними препаратами (Clonex gel, Радіфарм) та мінеральними субстратами (агроперліт, вермикуліт, їх суміш). Це забезпечувало високий рівень приживлюваності експлантів (93,2–99,0 %) і ранній початок проліферації пазушних бруньок та ризогенезу (з 7-ї доби культивування). За таких умов, на 30-ту добу культивування, рівень проліферації пазушних бруньок перебував у межах 47,7–67,0 %, кількість експлантів із сформованою кореневою системою дорівнювала 48,9–79,1 %, що перевищувало контрольні показники на 10,0–30,0 %. У рослин цих варіантів формувалася морфологічно повноцінна, добре розгалужена коренева система з більшою кількістю коренів другого і третього порядку, що є важливим фактором підвищення адаптаційного потенціалу рослин.

Застосування мінеральних субстратів як поживних середовищ *in vitro* сприяло ранньому початку проліферації пазушних бруньок, хоча ризогенез розпочинався пізніше. Проте на 30-ту добу культивування кількість експлантів із корневими зачатками перевищувала контрольні значення.

Встановлено, що підщепні сорти винограду характеризувалися вищою регенераційною здатністю порівняно з технічними, що необхідно враховувати при оптимізації прийомів мікроклонального розмноження.

3. Розвиток вегетативної надземної маси мікроклонів винограду *in vitro* істотно залежав від складу поживного середовища, концентрації фітогормонів, застосування біологічно активних препаратів, типу мінерального субстрату та сортових особливостей. Зменшення концентрацій фітогормонів у поживному середовищі (ІОК 0,3 мг/л + 6-БАП 0,2 мг/л) забезпечувало більш інтенсивний і збалансований ріст рослин порівняно з варіантами, де використовували підвищений вміст фітогормонів (ІОК 0,6 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л). Висота пагонів збільшувалась у середньому на 7,1 %, кількість листків – на 6,2 %, площа листкової пластинки – на 8,6 %, загальна площа листкової поверхні – на 10,0 %, облистяність – на 2,5 %.

Застосування біологічно активних препаратів Радіфарм і, особливо, Clonex gel суттєво посилювало розвиток вегетативної надземної маси: площа листкової пластинки перевищувала контроль на 31,5–46,1 %, площа листкової поверхні – на 28,0–38,5 %, облистяність – на 50,5–68,3 %. Структуровані поживні середовища з агроперлітом і вермикулітом також сприяли збільшенню площі листкової поверхні (на 28,6–37,6 %) та облистяності (на 44,3–73,0 %), але при цьому спостерігали зменшення висоти пагонів.

Культивування мікроклональних рослин винограду на чистих мінеральних субстратах зумовлювало зменшення висоти пагонів на 40,2–68,3 %, кількості листків – на 3,0–35,5 % порівняно з контролем, однак забезпечувало формування рослин із вищим показником облистяності, особливо на вермикуліті та суміші агроперліт + вермикуліт.

Загалом підщепні сорти («Добриня», «Гарант») характеризувалися

кращими показниками розвитку вегетативної надземної маси порівняно з технічними («Ярило», «Загрей»): висота рослин була більшою на 18,1 %, площа листкової поверхні – на 22,7 %, що свідчить про їх вищий адаптаційний потенціал.

Формування та морфологічна структура кореневої системи мікроклонів винограду *in vitro* визначалася насамперед використанням ризогенноактивних препаратів та фізико-структурними властивостями мінеральних субстратів. Порівняно з контролем, використання середовищ зі зниженим вмістом фітогормонів забезпечувало збільшення загальної кількості коренів, коренів I порядку та коренів II порядку у середньому на 5,0–12,6 %.

Після застосування препаратів Радіфарм і Clonex gel загальна кількість коренів у рослин дослідних варіантів перевищувала контроль у 1,4–1,6 раза, кількість коренів I та II порядку – у 1,5–1,6 раза. Культивування мікроклонів на чистих мінеральних субстратах (вермикуліт, агроперліт + вермикуліт) так само сприяло посиленому коренеутворенню: загальна кількість коренів перевищувала контроль у середньому на 33,0–54,3 %, кількість коренів I порядку – у 1,4–3,4 раза, коренів II порядку – у 1,1–1,3 раза. При цьому загальна та середня довжина окремих коренів зменшувалася в 1,5–2,0 раза порівняно з контролем. Такі показники свідчать про значне розгалуження кореневої системи, формування великої кількості коротких коренів II порядку.

У підщепних сортів було відзначено інтенсивне формування осьових коренів I порядку, у технічних – формування коренів II порядку.

4. Фізіолого-біохімічний стан вегетативної надземної маси мікроклонів винограду *in vitro* визначався складом поживного середовища, наявністю біологічно активних і структуроутворювальних компонентів, типом мінерального субстрату та сортовими особливостями. Найвищий показник загального обводнення тканин приросту був характерний для мікроклонів контрольних варіантів і варіантів із застосуванням препаратів Clonex gel та Радіфарм (90,9–93,8 %). На структурованих поживних середовищах і чистих мінеральних субстратах він зменшувався відносно контролю на 3,5–8,8 %, що

свідчить про формування більш щільних і фізіологічно зрілих тканин. Вміст легкоутримуваної води у рослин цих варіантів також знижувався, водоутримувальна здатність рослин зростала: втрати води за 60 хвилин підсушування були меншими за контроль у 1,1–2,4 раза, що вказує на вищу стійкість мікроклонів до водного дефіциту, їх кращу адаптацію в умовах *in vivo*.

Зміни водного режиму супроводжувалися зміною вмісту сухих речовин у вегетативній надземній масі. У рослин контрольних варіантів цей показник був найменшим (5,9–8,4 %), на структурованих поживних середовищах і мінеральних субстратах він перевищував контрольні значення на 3,5–8,8 % і дорівнював 12,1–15,8 %, що свідчить про інтенсифікацію метаболічних процесів тканин. Разом із цим у рослин цих варіантів відзначали зниження інтенсивності транспірації. Застосування БАП зменшувало її на 9,2–53,3 %, застосування структурованих поживних середовищ – у 1,8–2,7 раза порівняно з контролем, що найімовірніше пов'язано зі стабілізацією роботи продихового апарату.

Найбільше накопичення фотосинтетичних пігментів відмічено у мікроклонів, які культивували на структурованих поживних середовищах і мінеральних субстратах, особливо на суміші агроперліту з вермикулітом. У листках сума хлорофілів збільшувалася на 18,7–48,9 %, вміст каротиноїдів – на 22,9–56,4 % порівняно з контролем; аналогічна, хоча й менш виражена тенденція спостерігалася у пагонах, що свідчить про посилення фотосинтетичної активності та підвищення енергетичного потенціалу мікроклонів.

Фізіолого-біохімічні показники кореневої системи мікроклонів винограду *in vitro* також істотно змінювалися залежно від умов культивування. Найвищий рівень загального обводнення коренів був характерний для рослин контрольних варіантів і рослин варіантів, де застосовували біологічно активні препарати – 92,4–97,9 %. На структурованих поживних середовищах і мінеральних субстратах він

знижувався на 0,4–9,1 %. Вміст легкоутримуваної води у коренях рослин, які культивували на структурованих поживних середовищах, знижувався, на мінеральних субстратах, навпаки, особливо на суміші агроперліту з вермикулітом, він зростав до 52,6–67,9 %. Вміст сухих речовин у коренях рослин контрольних варіантів був найменшим – 4,0–6,4 %, на структурованих поживних середовищах і мінеральних субстратах (особливо агроперліт + вермикуліт) він збільшувався до 8,9–11,2 %. Таке співвідношення води та сухих речовин у тканинах мікроклонів винограду *in vitro* може свідчити про високий адаптаційний потенціал на етапі їх подальшої адаптації.

5. Встановлено, що умови культивування *in vitro*, зокрема тип поживного середовища, рівень фітогормонального навантаження та використання структурованих поживних середовищ і мінеральних субстратів визначають морфогенез і функціональний стан продихового апарату мікроклонів винограду. Під час дослідження з'ясувалося, що мікроклони, вирощені на структурованих поживних середовищах або мінеральних субстратах, формують більш щільну структуру продихового апарату нижнього епідермісу листкових пластинок. Щільність продихів на 1 мм<sup>2</sup> листкової пластинки у рослин цих варіантів збільшувалась у середньому на 20,8–67,6 % (порівняно з MS). Разом зі збільшенням кількості продихів змінювались і їхні розміри: на структурованих поживних середовищах довжина продихових клітин, їх ширина і площа були більшими на 1,7–18,0 %, 5,5–27,0 % і 7,4–49,9 % відповідно; на поживних субстратах, навпаки, розміри продихів, їх площа були меншими за контрольні значення (довжина зменшувалась на 1,0–13,9 %, ширина – на 2,2–16,7 %, площа – на 4,1–29,6 %).

Після переведення мікроклонів винограду з умов *in vitro* в умови *in vivo* щільність продихів зростала у 1,5–2,0 раза, довжина зменшувалась на 26,0–32,2 %, ширина – на 29,3–41,1 %, а ширина продихової щілини – на 64,3–88,1 %, що вказує на адаптивну перебудову продихового апарату у відповідь на зміну факторів зовнішнього середовища.

Виявлені морфологічні та функціональні зміни продихового апарату

забезпечували підвищення здатності мікроклонів винограду до регуляції транспірації, підтримання водного балансу та стабілізації газообміну, що має важливе практичне значення для удосконалення технології мікроклонального розмноження винограду і підвищення ефективності адаптації рослин при переведенні з умов *in vitro* в умови *in vivo*.

6. Адаптація мікроклональних рослин винограду після культивування *in vitro* є вирішальним етапом формування життєздатного садивного матеріалу, оскільки саме в цей період відбувається перебудова основних фізіолого-біохімічних процесів, пов'язаних із переходом рослин до неконтрольованих умов вирощування. Рівень приживлюваності мікроклонів винограду залежав від умов їх попереднього культивування *in vitro* та формування адаптаційного потенціалу.

Встановлено, що застосування поживних середовищ на основі MS із додаванням структуроутворювальних компонентів (агроперліту, вермикуліту та їх сумішей) у поєднанні з оптимальними концентраціями фітогормонів (0,3 мг/л ІОК та 0,2 мг/л 6-БАП) забезпечувало найвищі показники приживлюваності мікроклонів винограду в умовах *in vivo*. У таких варіантах життєздатність рослин через 30 діб адаптації дорівнювала 75,0–98,0 %, через 90 діб – 56,0–82,5 %, що у 1,3–2,1 раза перевищувало контрольні показники.

Використання біологічно активних препаратів Радіфарм та *Clonex gel* сприяло підвищенню приживлюваності мікроклонів винограду на початковому етапі адаптації, у перший місяць вирощування, однак у подальші строки ця тенденція не зберігалася.

Найбільш ефективною для адаптації мікроклонів винограду в умовах *in vivo* виявилася суміш агроперліту та вермикуліту, яка забезпечувала високий рівень приживлюваності мікроклонів – 67,7–75,0 % після трьох місяців адаптації, що у 2,1–3,0 раза перевищувало контроль.

7. Дисперсійний аналіз експериментальних даних підтвердив статистично достовірний вплив умов культивування *in vitro* на формування регенераційних, біометричних, фізіолого-біохімічних та анатомічних

показників мікроклонів винограду на етапі адаптації *in vivo*. Для культивування мікроклонів винограду на поживних середовищах основним фактором впливу для більшості показників були додаткові компоненти поживного середовища MS (БАП, структуроутворювальні компоненти). Показник проліферації пазушних бруньок залежав від цього фактора на 74,62 %, ризогенез ініціальних експлантів – на 42,44 %, біометричні показники вегетативної надземної маси – на 23,20–62,90 %, кореневої системи – на 53,43–87,58 %, водний режим і вміст сухих речовин вегетативної надземної маси – на 50,01–88,66 %, водний режим і вміст сухих речовин коренів – на 56,86–87,12 %, водоутримувальна здатність – на 9,45–46,14 %, інтенсивність транспірації – на 50,93–52,79 %, пігментний комплекс – на 28,96–79,11 %, анатомічні показники продихового апарату – на 33,10–88,86 %.

Для культивування на поживних мінеральних субстратах основним фактором впливу був фактор «тип поживних мінеральних субстратів». Його вплив на регенераційні показники ініціальних експлантів оцінювався в межах 79,77–86,60 %, на біометричні показники вегетативної маси – в межах 51,36–97,33 %, на показники водного режиму і вмісту сухих речовин вегетативної маси – в межах 43,07–91,86 %, на фізіолого-біохімічні та анатомічні показники – в межах 28,78–81,20 %. Експериментальна похибка була низькою – 0,02–29,68 %, що підтверджує високу достовірність отриманих результатів.

8. Встановлено, що ефективність адаптації мікроклонів винограду *in vivo* та економічна доцільність їх виробництва визначаються, насамперед, умовами культивування *in vitro*, зокрема складом поживного середовища та використанням структуроутворювальних компонентів і мінеральних субстратів. Показано, що застосування модифікованих поживних середовищ із меншим вмістом фітогормонів (ІОК 0,3 мг/л + 6-БАП 0,2 мг/л) у поєднанні з агроперлітом, вермикулітом або їх сумішшю забезпечувало найвищу приживлюваність мікроклонів винограду – до 98,0 % через 30 діб і до 82,5 % через 90 діб адаптації, що у 1,2–3,0 раза перевищувало контрольні показники.

Використання стандартних поживних середовищ MS та середовищ із

додаванням біологічно активних препаратів (Радіфарм, Clonex gel) без структуроутворювальних компонентів супроводжувалося значно нижчою приживлюваністю (21,5–50,0 %), що сприяло різкому збільшенню собівартості адаптованих мікроклонів і обмежувало практичну доцільність таких технологічних протоколів. Застосування структурованих поживних середовищ і мінеральних субстратів дозволяло знизити собівартість 1000 адаптованих мікроклонів до 36630,9–60878,9 грн, у контрольних варіантах вона дорівнювала 50231,7–147623,3 грн.

Доведено, що підвищення рівня приживлюваності мікроклонів впливало на чистий прибуток і рентабельність виробництва. Найбільший економічний ефект забезпечували протоколи з використанням структурованих поживних середовищ та мінеральних субстратів, де прибуток дорівнював 15871,0–48840,4 грн на 1000 адаптованих мікроклонів, а рівень рентабельності дорівнював 75,0–145,7 %, що було суттєво більше за відповідні показники контрольних варіантів, які були малоефективними або збитковими. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження удосконалених технологічних прийомів мікроклонального розмноження винограду з використанням структуроутворювальних компонентів та мінеральних субстратів для підвищення адаптаційної здатності рослин і економічної ефективності виробництва.

## ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Отримані результати дають підстави сформулювати практичні рекомендації для розсадницьких господарств та фахівців, які вирощують садивний матеріал винограду *in vitro*:

### I. Передавантация в умовах *in vitro* (етапи живцювання та укорінення)

На цьому етапі рекомендовано застосовувати поживні середовища зі структурованою основою. Найбільш ефективними були модифікації поживного середовища MS із додаванням агроперліту (1:1), вермикуліту (1:1) або суміші агроперліт + вермикуліт (1:1:1) із меншою концентрацією фітогормонів (0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л 6-БАП).

#### 1. Приготування поживного середовища на основі агроперліту:

- ✓ основа – поживне середовище MS із половинним вмістом макросолей;
- ✓ стерильний агроперліт попередньо розсипають у стерильні культуральні ємності у кількості ~ 0,8 г;
- ✓ приготовлене поживне середовище MS (ще рідке) заливають у ємності з агроперлітом у кількості 20–25 мл;
- ✓ ємності закривають фольгою і стерилізують в автоклаві;
- ✓ автоклавування здійснюють при тиску 1 атм, температурі 121 °С упродовж 15 хв;
- ✓ після завершення стерилізації шляхом легкого струшування ємностей із поживним середовищем досягають рівномірного розподілу агроперліту в об'ємі поживного середовища;
- ✓ охолодження та стабілізація структури середовища відбуваються протягом 2–3 год.

#### 2. Приготування поживного середовища на основі вермикуліту:

- ✓ усі технологічні етапи виконують аналогічно варіанту з агроперлітом, за винятком того, що як структуроутворювальний компонент використовують

вермикуліт, який попередньо розсипають у культуральні ємності у кількості ~1,5 г.

3. *Приготування поживного середовища на основі суміші агроперліт + вермикуліт:*

– усі технологічні етапи виконують аналогічно варіанту з агроперлітом, за винятком того, що як структуроутворювальний компонент використовують суміш агроперліт + вермикуліт, яку попередньо засипають у культуральні ємності у кількості 0,4 г (агроперліт) і 0,7 г (вермикуліт).

4. *Поживні середовища на основі мінеральних субстратів (як заміна агаризованого поживного середовища).*

✓ *Приготування мінеральних поживних субстратів на основі агроперліту:*

– у культуральні ємності засипають мінеральний субстрат у кількості 6,0 г;

– ємності закривають кришками та стерилізують в автоклаві при тиску 1 атм і температурі 121 °С протягом 45 хв.

– готують поживний розчин за MS без агару та сахарози, автоклавують;

– перед висаджуванням експлантів субстрат рівномірно зволожують поживним розчином.

✓ *Приготування мінеральних поживних субстратів на основі вермикуліту:*

– усі технологічні етапи виконують аналогічно варіанту з агроперлітом, за винятком того, що як мінеральний субстрат використовують вермикуліт, який попередньо засипають у культуральні ємності у кількості 15,0 г.

✓ *Приготування мінеральних поживних субстратів на основі суміші мінеральних субстратів агроперліт + вермикуліт:*

– усі технологічні етапи виконують аналогічно варіанту з агроперлітом, за винятком того, що як структуроутворювальний компонент використовують суміш агроперліт + вермикуліт, яку попередньо засипають у культуральні ємності у кількості 3,0 г (агроперліт) і 7,5 г (вермикуліт).

## II. Адаптація мікроклонів винограду в умовах *in vivo*.

Для перенесення мікроклонів винограду, які культивували на вищенаведених поживних середовищах *in vitro*, в умови *in vivo* рекомендовано провести передаптацію (умови культурального боксу та адаптаційної кімнати):

- ✓ у стерильних умовах поверхню поживного середовища засипають приблизно 1,5–2,0 г стерильного агроперліту, після чого кришечки закривають та витримують 24 год для зниження вологості у культуральних ємностях;
- ✓ надалі проводять щоденне, поступове відкривання кришечок: у перші 4 доби відкривають кришечки на 30 хв (перша доба), 1 год (друга доба), 2 год (третя доба) та 3 год (четверта доба) (1 раз на добу); у наступні три доби збільшують час відкривання кришечок до 7 год/добу;
- ✓ після семи діб кришечки знімають повністю і додатково вносять у ємності ще приблизно 1,5–2,0 г агроперліту та залишають їх у відкритому стані ще на 7 діб;
- ✓ перед висаджуванням мікроклонів у суміш агроперліт + вермикуліт проводять ретельне очищення коренів від залишків поживного середовища;
- ✓ лунки касети заповнюють субстратами, і висаджують мікроклони, після чого проводять полив дистильованою водою;
- ✓ після посадки рекомендовано обробити мікроклони фунгіцидним препаратом типу Хорус;
- ✓ касети з висадженими рослинами розміщують в адаптаційній кімнаті та накривають поліетиленовою плівкою для забезпечення високого рівня вологості повітря;
- ✓ кожні 3–5 діб, з урахуванням швидкості поглинання та випаровування води, здійснюють полив;
- ✓ у перший день після висаджування у касети та переміщення рослин до адаптаційної кімнати полив проводять розчином MS без сахарози й агару; у подальші дні використовують дистильовану воду.

Для перенесення мікроклонів винограду, які культивували на мінеральних поживних субстратах *in vitro*, в умови *in vivo* рекомендовано провести переадаптацію (умови культурального боксу та адаптаційної кімнати):

- ✓ проводять поступове відкривання кришечок культуральних ємностей: у перші 4 доби їх відкривають на 30 хв (перша доба), 1 год (друга доба), 2 год (третя доба) та 3 год (четверта доба) (1 раз на добу);
- ✓ у наступні три доби збільшують тривалість відкривання до 7 год/добу;
- ✓ після завершення семи діб кришки знімають повністю та залишають ємності з рослинами у відкритому стані ще на 7 діб в умовах культурального боксу;
- ✓ рослини обприскують фунгіцидом типу Хорус;
- ✓ полив проводять дистильованою водою з інтервалом 1 раз на 3–5 діб;
- ✓ мікроклони обережно виймають з мінерального субстрату та очищують кореневу систему від залишків субстратів;
- ✓ для пересадки використовують пластикові стаканчики (250 мл), які попередньо заповнюють ґрунтосумішшю (ґрунт : пісок : торф'яний субстрат – 1:1:1) і висаджують мікроклони;
- ✓ полив проводять водопровідною водою і переносять рослини в адаптаційну кімнату;
- ✓ подальший полив здійснюють 1 раз на 5–7 діб, відповідно до швидкості висихання субстрату;
- ✓ в адаптаційній кімнаті рослини культивують протягом 30 діб, після чого їх (за необхідності) можна висаджувати в захищений або відкритий ґрунт.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агроперліт: опис та характеристики. Режим доступу: <https://agrovinn.com/ua/kokogroud/agroperlit/>. Дата звернення: 27.11.2025.
2. Ампелографічний атлас сортів і форм винограду селекції Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова» / В. В. Власов та ін. Київ : Аграрна наука, 2014. 138 с.
3. Бабич А. О. Екологічне сільське господарство: економічні аспекти. *Економіка АПК*. 2011. № 9. С. 19–22.
4. Безсонова В. П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
5. Вермикуліт: що це таке і для чого потрібен. Режим доступу: <https://elsa.com.ua/all-news/chto-takoe-vermikulit-i-dlya-chego-on-nuzhen/>. Дата звернення: 27.11.2025.
6. Вимірювання об'єктів за допомогою мікроскопа. Режим доступу: <https://opticalmarket.com.ua/izmerenie-obektov-s-pomoschju-mikroskopa.html>. Дата звернення: 27.11.2025.
7. Войтович О. М., Лях В. О. Фізіологія рослин : навчально-методичний посібник. Частина I. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2008. 103 с.
8. Войцехівська О. В., Капустян А. В., Косик О. І. та ін. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин : монографія / за заг. ред. Т. В. Паршикової. Біла Церква : БНАУ, 2018. 209 с.
9. Гогулінська О. І. Розробка та вдосконалення методів оцінки стійкості винограду до стрес-факторів з використанням культури *in vitro*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.08. Одеса, 2014. 24 с.
10. Гречаник Р. М., Базюк О. Ф., Бондаренко З. Д., Федяй Л. В. Застосування біотехнологічних методів для розмноження гібриду осики і тополі чорної та мікоризації садивного матеріалу. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету*. 2003. Вип. 13.3. С.

210–221.

11. Гречаник Р. М., Гузь М. М., Олексійченко Н. О. Особливості введення в культуру *in vitro* шовковиці білої (*Morus alba* Linn.). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. С. 9–21.
12. Грицак Л. Р., Грицак В. Ю., Дробик Н. М. Вплив умов освітлення та осмотично активних сполук на водний режим рослин *in vitro* *Gentiana lutea* L. *Сучасна біологія рослин: теоретичні та прикладні аспекти* : тези доповідей IV Міжнар. наук. конф. Харків, 09–10 жовт. 2018 р. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2018. С. 64–65.
13. Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Екологічні, фізіологічні та біотехнологічні основи збереження видів роду *Gentiana* L. в умовах *in vitro* та *in situ*. *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2020* : матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. Тернопіль : Вектор, 2020. С. 65–68.
14. Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Розробка технології збереження високогірних видів роду *Gentiana* L. із використанням стратегії «Quasi» *in situ* та методів біотехнології. *Екологічні науки*. 2019. № 25. С. 169–176.
15. Гудзь В. П., Гудзь О. В., Гудзь С. В. Економічна ефективність вирощування буряків. *Економіка АПК*. 2011. № 9. С. 20–23.
16. Іванова-Ханіна Л. В. Вплив гормонального складу живильного середовища на інтенсивність росту малини в культурі *in vitro*. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 3. С. 207.
17. Зеленянська Н. М. Наукове обґрунтування та розробка сучасної технології вирощування садивного матеріалу винограду: дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.08. Одеса, 2015. 642 с.
18. Зеленянська Н. М., Джабурія Л. В., Теслюк Н. І. Прийоми оптимізації клоного мікророзмноження винограду *in vitro*. *Виноградарство і виноробство*. 2010. Вип. 47. С. 56–60.
19. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Визначення основних фізіолого-біохімічних показників мікроклонів винограду. *Розвиток наукових міжгалузевих досліджень* : матеріали наук.-практ. конф., (Вінниця, 26–27

- листопада 2021 р.). Херсон, 2021. С. 32–35. URL: <http://molodyvcheny.in.ua/ua/conf/sociol/archive/1622/>.
20. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Визначення регенераційної здатності винограду *in vitro*. *International scientific innovations in human life : The 7th Int. sci.-pract. conf.* (Манчестер, 19–21 січня 2022 р.). Манчестер, 2022. С. 20–28. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2022/01/INTERNATIONAL-SCIENTIFIC-INNOVATIONS-IN-HUMAN-LIFE-19-21.01.22.pdf>.
21. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив модифікованого поживного середовища на розвиток вегетативної маси мікроклонів винограду. *Scientific Collection «InterConf», (100) : with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «Global and Regional Aspects of Sustainable Development».* (Копенгаген, 26–28 лютого 2022 р.). Копенгаген, 2022. С. 868–876. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/issue/view/26-28.02.2022/720>.
22. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив модифікованого поживного середовища на розвиток кореневої системи мікроклонів винограду. *Scientific Collection «InterConf», (101) : with the Proceedings of the 11th Int. sci.-pract. conf. «Scientific Research in XXI Century».* (Оттава, 6–8 березня 2022 р.). Оттава, 2022. С. 330–338. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/18816>.
23. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив умов культивування мікроклонів винограду *in vitro* на їх приживлюваність *in vivo*. *Таврійський науковий вісник*. 2022. Вип. 127. С. 64–71. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.8>.
24. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив умов культивування на фізіолого-біохімічні показники мікроклонів винограду. *Modern research in world science : Proceedings of the 5th International scientific and practical conference.* (Львів, 7–9 серпня 2022 р.). Львів, 2022. С. 24–28. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research->

in-world-science-7-9-08-2022-lviv-ukrayina-arhiv.

25. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Особливості росту та розвитку мікроклонів винограду на модифікованих поживних середовищах. *The Globalization of Scientific Knowledge : Theoretical and Practical Research : conf. proceedings.* (Рига, 17–18 грудня 2021 р.). Рига, 2021. С. 15–19. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-164-0-5>.
26. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Підвищення адаптивності мікроклонів винограду в умовах *in vitro*. *Аграрні інновації.* 2022. Вип. 11. С. 25–31. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.3>.
27. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Регенераційна здатність підщепних і технічних сортів винограду в культурі тканин і органів *in vitro*. *Таврійський науковий вісник.* 2022. Вип. 123. С. 67–76. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.10>.
28. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Регенераційний потенціал різних сортів винограду в культурі тканин і органів *in vitro*. *The latest scientific achievements in the modern agro-industrial complex : conf. proceedings.* (Люблін, 28–29 грудня 2021 р.). Рига, 2021. С. 52–56. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-184-8-12>.
29. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Розвиток вегетативної маси мікроклонів винограду на поживних середовищах та мінеральних субстратах. *Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food : conf. proceedings.* (Рига, 30–31 серпня 2022 р.). Рига, 2022. С. 26–29. URL: <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/252/7079/14745-1>.
30. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Способи адаптації мікроклонів винограду. *Modern research in world science : The 2nd Int. sci.-pract. conf.* (Львів, 15–17 травня 2022 р.). Львів, 2022. С. 39–43. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2022/05/MODERN-RESEARCH-IN-WORLD-SCIENCE-15-17.05.22.pdf>.
31. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Спосіб підвищення приживлюваності мікроклонів винограду в умовах *in vivo*. *Сучасні проблеми*

- біології в умовах змін клімату : матеріали Всеукр. наук. інтернет-конф. (Умань, 22 червня 2022 р.). Умань, 2022. С. 26–29. URL: <https://biology.udau.edu.ua/assets/files/praci/zbirnik-konferencii-22.06.2022.pdf>.
32. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Спосіб підвищення приживлюваності ініціальних експлантів та мікроклонів винограду. *Recent Advances in Scientific World : Proceedings of the 2nd Int. sci.-pract. conf.* (Монтрепрей, 6–8 серпня 2022 р.). Монтрепрей, 2022. С. 189–194. URL: <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/1088/1114>.
33. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Удосконалення окремих технологічних етапів розмноження винограду *in vitro*. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали X Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (Центральне, 29 квітня 2022 р.). Київ, 2022. С. 95. URL: <http://confer.uisr.sops.gov.ua/miron2022/paper/viewFile/26209/14883>.
34. Колчанова О. В., Обозний О. І. Особливості введення в культуру *in vitro* представників роду *Corylus*. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія*. 2015. Вип. 3 (36). С. 91–97.
35. Колісник Х. М. Розробка біотехнологічних підходів до підвищення адаптивного потенціалу рідкісних видів роду *Carlina* L. *in vitro* : дис. ... д-ра філософії : 091. Тернопіль, 2025. 176 с.
36. Кравець Н. Б., Пантелеймін М. І., Дробик Н. М. Водний режим рослин *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawl. у природі та в умовах *in vitro*. *Сучасна біологія рослин: теоретичні та прикладні аспекти* : тези доповідей IV Міжнар. наук. конф. (Харків, 09–10 жовт. 2018 р.). Харків, 2018. С. 65–66.
37. Лисак Ю. С. Особливості технології клонального розмноження фундука шляхом живцювання в умовах *in vitro* та шляхи підвищення її ефективності. *Науковий вісник НЛТУ України. Лісове та садово-паркове господарство*. 2023. Т. 33, № 6. DOI: <https://doi.org/10.36930/40330605>.

38. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин : підручник / за ред. М. М. Макрушина. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.
39. Мацкевич В. В. Мікроклональне розмноження видів рослин *in vitro* та їх постасептична адаптація : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.05. Суми, 2020. 466 с.
40. Машевська А. С., Єрмейчук Т. М. Фізіологія та біохімія рослин : матеріали для опрацювання теми «Водний режим рослин» з курсу «Фізіологія та біохімія рослин» для студентів II та III курсів денної та заочної форми навчання спеціальності «Біологія» біологічного факультету. Луцьк : Вежа-Друк, 2015. 38 с.
41. Медведєва Т. В. Проблеми акліматизації культивованих *in vitro* рослин. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2008. Т. 40, № 4. С. 299–309.
42. Мусієнко В. І., Галайчук І. П. Регенерація рослин у культурі *in vitro* меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.) залежно від типу експланта і концентрації фітогормонів. *Біотехнологія, стерильність, якість продукції рослинництва*. 2008. Т. 1, № 1. С. 43–49.
43. Оксантик В. М. Особливості введення експлантів *Cotinus coggygria* «Royal Purple» у культуру *in vitro*. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2013. Вип. 9. С. 108–112.
44. Олійник О. О., Клюваденко А. А., Мельничук М. Д. Покращення складу живильних середовищ для пришвидшення росту і розвитку троянди ефіроолійної в культурі *in vitro*. *Збірник науково-технічних праць*. 2024. С. 134–138.
45. Підручник «Фізіологія рослин». Український ботанічний журнал. 2008. Т. 65, № 5. С. 775–780.
46. Подгаєцький А. А., Мацкевич В. В., Філіпова Л. М., Кравченко Н. В., Гнітецький М. О. Адаптивність рослин на етапі *in vitro* – *ex vitro*. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (East European Scientific Journal)*. 2020. Т. 4, № 56. С. 25–33.

47. Подгаєцький А. А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин : монографія / А. А. Подгаєцький, В. В. Мацкевич. Біла Церква : БНАУ, 2018. 209 с.
48. Поліщук В. В. Підбір експлантів та умов вирощування *in vitro* компонентів гібридів буряку цукрового. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2012. Вип. 8. С. 128–132.
49. Потрохов А. О., Матвєєва Н. А. Оптимізація умов регенерації рослин цикорію *in vitro*. *Физиология растений и генетика*. 2013. Т. 45, № 4. С. 340–348. URL: <http://dspace.nbuu.gov.ua/handle/123456789/159329>.
50. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Київ : Вид-во «Наук. думка», 1976. 336 с.
51. Ратошнюк Т. М., Ратошнюк В. І. Економічна ефективність вирощування гороху польового на насіння. *Економіка АПК*. 2010. № 6. С. 42–45.
52. Рябовол Л. О., Рябовол Я. С. Мікроклональне розмноження рослинного матеріалу : метод. вказівки для лабораторних занять студентів з дисципліни «Основи біотехнології в рослинництві» зі спец. 201 «Агрономія», 202 «Захист і карантин рослин», 203 «Садівництво та виноградарство» вищих аграрних закладів освіти III–IV рівнів акредитації. Умань : Уманський НУС, 2019. 16 с.
53. Сафронова Т. В. Вплив препаратів гормонального походження на продуктивність та морфологічні показники сортів-диференціаторів раку картоплі в культурі *in vitro*. *Фітосанітарна безпека*. 2024. Вип. 70. С. 267–276. DOI: <https://doi.org/10.36495/PHSS.2024.70.267-276>.
54. Статистика сільського господарства : навч. посіб. / Мармоза А. Т. Київ, КНТ, 2007. 696 с.
55. Стицько С. А., Черевата Т. М. Технологія розмноження винограду *in vitro*. *Промислова біотехнологія клонального мікророзмноження плодових і винограду* : тези доповідей наук.-практ. конф. Херсон, 1995. С. 43.
56. Стогодюк О. В. Робочий зошит з фізіології рослин : навч.-метод. посіб. для студентів 3 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.040102 «Біологія». Черкаси : ФОП Белінська О. Б., 2013. 100 с.

57. Страшнюк Н. М., Кравець Н. Б., Конвалюк І. І., Твардовська М. О., Мельник В. М., Голубенко А. В. Введення в культуру *in vitro* рідкісного виду українських Карпат *Gentiana verna* L. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2008. Вип. 22. С. 49–53.
58. Таланкова-Середа Т. Є., Коломієць Ю. В., Григорюк І. П. Клональне мікророзмноження сортів м'яти перцевої (*Mentha piperita*) української селекції. *Біотехнологія та безпека*. 2016. № 2(31). С. 50–56.
59. Теслюк Н. І. Оптимізація живильного середовища для мікроклонального розмноження волоського горіха (*Juglans regia*) *in vitro*. *Мікробіологія та біотехнологія*. 2022. Т. 3, № 4. С. 24–33. DOI: [http://dx.doi.org/10.18524/2307-4663.2022.3\(56\).265806](http://dx.doi.org/10.18524/2307-4663.2022.3(56).265806).
60. Теслюк Н. І. Удосконалення методів культури *in vitro* для селекції та розмноження винограду : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.08. Одеса, 2009. 20 с.
61. Теслюк Н. І. Утворення множинних пагонів винограду в культурі *in vitro* на різних живильних середовищах. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2018. № 1. С. 66–75. DOI: [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2018.1\(41\).119109](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2018.1(41).119109).
62. Теслюк Н. І., Барабаш В. Б., Клачун А. А. Використання культури *in vitro* у виноградарстві. *Виноградарство і виноробство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Одеса : ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова», 2016. Вип. 53. С. 209–217.
63. Титаренко Н. В., Теслюк Н. І. Удосконалення процесів мікроклонального розмноження ожини звичайної *Rubus caesius* L. сорту Торнфрі. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2020. № 2. С. 72–84. DOI: [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2020.2\(49\).209806](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2020.2(49).209806).
64. Титаренко Н. В., Теслюк Н. І., Іваниця В. О. Вплив актинобактерій на адаптацію до умов *ex vitro* та ріст мікроклонованих рослин *Rubus fruticosus* L. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2023. Т. 1, № 57. С. 24–33. DOI: [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2023.1\(57\).276078](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2023.1(57).276078).

65. Тихоненко О. В. Економічні аспекти використання іноземної зернозбиральної техніки в Україні. *Економіка АПК*. 2009. № 5. С. 61–64.
66. Фекета І. Ю. Фізіологія рослин. Методичні вказівки з дисципліни «Фізіологія рослин» для студентів спеціальності 6.130400 «Лісове господарство». Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2011. 56 с.
67. Фізіологія та біохімія рослин : комплекс навчально-методичних матеріалів. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2013. 96 с.
68. Черевата Т. М. Розробка методу попередньої підготовки і відбору вихідного матеріалу для культури винограду *in vitro*. *Вісник Причорномор'я*. 2004. Вип. 29. С. 155–158.
69. Черевата Т. М. Розробка і оптимізація прийомів клонального мікророзмноження для виробництва садивного матеріалу винограду: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.08. Одеса, 2006. 22 с.
70. Шерер В. А., Зеленьянская Н. Н. Особенности виноградного растения и методы оценки показателей органов и тканей: научно-методическое пособие. Одеса: ННЦ «ІВіВ ім. В. Е. Таїрова». 2011. 114 с.
71. Aasim M., Karatas M., Khawar K. M., Dogan M. Optimization of sterilization and micropropagation of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Journal of Applied Biological Sciences*. 2013. Vol. 7, No. 3. P. 71–74.
72. Aazami M. A. Effect of some growth regulators on "in vitro" culture of two *Vitis vinifera* L. cultivars. *Romanian Biotechnological Letters*. 2010. Vol. 15, No. 3. P. 5229–5232.
73. Abdella B., Belay Z., Tsegaw T. Optimization of hormonal compositions of media for *in vitro* propagation of apple (*Malus × domestica*). *The Open Biotechnology Journal*. 2023. Vol. 17. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874070723666230712105143>.
74. Abdelwahd R., Hakam N., Labhilili M., Udupa S. M. Effect of activated charcoal and plant growth regulators on *in vitro* shoot proliferation and rooting of jojoba (*Simmondsia chinensis*). *African Journal of Biotechnology*. 2010. Vol. 9, No. 46. P. 7788–7793. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB10.1158>.

75. Abido A. I. A., Aly M. A. M., Hassanen S., Abou El-Dis G. *In vitro* propagation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) ‘Muscat of Alexandria’ for conservation of endangerment. *Middle East Journal of Scientific Research*. 2013. Vol. 13. P. 328–337. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.13.3.1926>.
76. Ahmad A., Zhong H., Wang W., Sticklen M. Shoot apical meristem: *In vitro* regeneration and morphogenesis in wheat (*Triticum aestivum* L.). *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2002. Vol. 38, No. 2. P. 163–167. DOI: <https://doi.org/10.1079/IVP2001267>.
77. Akita K., Hasezawa S., Higaki T. Breaking of plant stomatal one-cell-spacing rule by sugar solution immersion. *PLoS One*. 2013. Vol. 8, No. 9. e72456. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072456>.
78. Akter N., Hoque M. I., Sarker R. H. *In vitro* propagation in three varieties of Gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus.) from flower bud and flower stalk explants. *Plant Tissue Culture & Biotechnology*. 2012. Vol. 22, No. 2. P. 143–152.
79. Aké A., Maust B., Orozco-Segovia A., Oropeza C. The effect of gibberellic acid on the *in vitro* germination of coconut zygotic embryos and their conversion into plantlets. *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2007. Vol. 43. P. 247–253. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11627-006-9018-1>.
80. Ali A., Sajid A., Naveed N. H., Majid A., Saleem A., Khan U. A., Jafery F. I., Naz S. Initiation, proliferation and development of micropropagation system for mass scale production of banana through meristem culture. *African Journal of Biotechnology*. 2011. Vol. 10, No. 70. P. 15731–15738. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB11.2079>.
81. Antonić D., Milošević S., Cingel A., Lojić M., Trifunović-Momčilov M., Petrić M., Subotić A., Simonović A. Effects of exogenous salicylic acid on *Impatiens walleriana* L. grown *in vitro* under polyethylene glycol-imposed drought. *South African Journal of Botany*. 2016. Vol. 105. P. 226–233.
82. Arab M. M., Yadollahi A., Eftekhari M., Ahmadi H., Akbari M., Khorami S. S. Modeling and optimizing a new culture medium for *in vitro* rooting of G×N15 *Prunus* rootstock using artificial neural network–genetic algorithm. *Scientific*

*Reports*. 2018. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27858-4>.

83. Asadi A. A., Vedadi C., Rahimi M., Khiabani B. N. Effect of plant growth hormones on root and shoot regeneration in rose (Morrasia) under *in vitro* conditions. *Bioscience Research*. 2009. Vol. 6, No. 1. P. 40–45.

84. Avksentiieva O. O. Characterization of research objects in modern phytophysiology. In: Materials of the scientific-methodical seminar: *Plant physiology in the system of modern biological knowledge and sciences*. Kharkiv: 2013. P. 8–10.

85. Badoni A., Chauhan J. S. *In vitro* sterilization protocol for micropropagation of *Solanum tuberosum* cv. ‘Kufri Himalini’. *Academia Arena*. 2010. Vol. 2, No. 4. P. 24–27.

86. Baghel S., Bansal Y. K. Synergistic effect of BAP and GA<sub>3</sub> on *in vitro* flowering of *Guizotia abyssinica* Cass. – a multipurpose oil crop. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2014. Vol. 20, No. 2. P. 241–247. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12298-014-0229-3>.

87. Banilas G., Korkas E. Rapid micropropagation of grapevine (cv. Agiorgitiko) through lateral bud development. *E-Journal of Science and Technology*. 2007. Issue 6. P. 31–38.

88. Barreto M. S., Nookaraju A. Effect of auxin types on *in vitro* and *ex vitro* rooting and acclimatization of grapevine as influenced by substrates. *Indian Journal of Horticulture*. 2007. Vol. 64, No. 1. P. 5–11.

89. Barseghyan A., Melyan G., Sahakyan A. J., Dangyan K., Sahakyan N., Zadayan M., Martirosyan Y. T. Effect of the culture liquid of Antarctic yeast *Nadsoniella nigra* on rooting, growth, and biochemical composition of *in vitro* grapevine (*Vitis vinifera* L.), cultivar ‘Karmrahyut’. *Functional Foods in Health and Disease*. 2024. Vol. 14, No. 10. DOI: <https://doi.org/10.31989/ffhd.v14i10.1474>.

90. Baskaran P., Jayabalan N. *In vitro* plant regeneration and mass propagation system for *Sorghum bicolor* – a valuable major cereal crop. *Journal of Agricultural Technology*. 2005. P. 345–363.

91. Bauri F. K., Dey K., Ghosh A., Chakraborti K., Misra D. K. Effects of indole butyric acid on rooting in cuttings of Burmese grape (*Baccaurea sapida*). *Food and Nutrition Journal*. 2017. Vol. 2. DOI: <https://doi.org/10.29011/2575-7091.100051>.
92. Bettoni J. C., Costa M. D., Gardin J. P. P., Kretschmar A. A., Souza J. A. *In vitro* propagation of grapevine cultivars with potential for South of Brazil. *American Journal of Plant Sciences*. 2015. Vol. 6. P. 1806–1815. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.611181>.
93. Bettoni J. C., Costa M. D., Gardin J. P. P., Kretschmar A. A., Souza J. A., Passos J. F. M. Free culture media of growth regulators on micropropagation of grapevine (*Vitis labrusca* L.) ‘Bordô’ cultivar through nodal segments. *Evidência (Joaçaba)*. 2016. Vol. 16, No. 1. P. 59–70.
94. Beza K., Feyssa T. & Bedada G. *In vitro* micropropagation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) from nodal culture. *African Journal of Biotechnology*. 2017. Vol.16, No. 43. P. 2083–2091. DOI: 10.5897/AJB2016.15803.
95. Bhor R. P., Ahire D. B., Ban Y. G., Borse S. N. Study on micropropagation in grape (*Vitis champini*). *Ecology, Environment and Conservation*. 2009. Vol. 15, No. 1. P. 41–44.
96. Bigger B. B. Micropropagation and acclimatization of ‘Norton’ grapevine (*Vitis aestivalis*) : thesis (Master of Science). Lincoln : University of Nebraska, 2010. 78 p.
97. Bodhipadmaa K., Noichindaa S., Yadbuntunga I., Buaeiama W., Leung D. W. M. Comparison of *in vitro* and *in vivo* inflorescence of common cockscomb (*Celosia argentea* var. *cristata*). *Science Asia*. 2010. Vol. 36. P. 68–71. DOI: <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2010.36.068>.
98. Buckseth T., Singh R. K., Sharma A. K., Sharma S., Moudgil V., Saraswati A. Optimization of activated charcoal on *in vitro* growth and development of potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. Vol. 7, No. 10.
99. Cavallaro V., Avola G., Fascella G., Pellegrino A. & Ierna A. Effects of

spectral quality and light quantity of LEDs on *in vitro* shoot development and proliferation of *Ananas comosus* L. Merr. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, No. 4, Article 1072. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13041072>.

100. Cha-um S., Ulziibat B., Kirdmanee C. Effects of temperature and relative humidity during *in vitro* acclimatization on physiological changes and growth characters of *Phalaenopsis* adapted to *in vivo*. *Australian Journal of Crop Science*. 2010. Vol. 4, No. 9. P. 750–756.

101. Chée R., Pool R. M. *In vitro* vegetative propagation of *Vitis*: Application of previously defined culture conditions to a selection of genotypes. *Vitis*. 1983. Vol. 22. P. 363–374.

102. Chen C., Hsu C., Chang W. Effect of different LED spectra on *in vitro* shoot proliferation of *Ficus microcarpa* L. f. *Plant Methods*. 2022. Vol. 18. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00892-2>.

103. Chintakovid N., Tisarum R., Samphumphuang T., Sotesaritkul T., Cha-um S. *In vitro* acclimatization of *Curcuma longa* under controlled iso-osmotic conditions. *Plant Biotechnology*. 2021. Vol. 38. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.20.1021a>.

104. Choi P.-S., Lee S.-Y., Chung H.-J., In D.-S., Choi D.-W., Liu J. R. Assessing competence for adventitious shoot formation in hypocotyl explant cultures from *Catharanthus roseus* cultivars. *Journal of Plant Biology*. 2003. Vol. 46, No. 2. P. 90–94.

105. Clonex gel – гель для клонування (Growth Technology). Режим доступу: <https://growershouse.com.ua/clonex-50ml-gel-dlya-klonuvannya-growth-technology-ukr>. Дата звернення: 27.11.2025.

106. Dancheva D. Rooting and acclimatization of micropropagated shoots of *Fraxinus excelsior* L. Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. *Studii și comunicări. Științele Naturii*. 2014. Vol. 30, No. 1. P. 75–80.

107. Dev R., Singh S. K., Dayal V., Kumar K., Singh T. Standardization of *in vitro* hardening strategies for tissue cultured wine grape (*Vitis vinifera* L.) genotypes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*.

2019. Vol. 8, No. 2. P. 2108–2117. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.244>.
108. Di Vaio C., Villano C., Lisanti M. T., Marallo N. Application of anti-transpirant to control sugar accumulation in grape berries and alcohol degree in wines obtained from thinned and unthinned vines of cv. Falanghina (*Vitis vinifera* L.). *Agronomy*. 2020. Vol. 10, No. 3. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030345>.
109. Diab A., Khalil S., Ismail R. Regeneration and micropropagation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) through shoot tips and axillary buds. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2012. Vol. 2. P. 484–491.
110. Dönmez D., Erol M. H., Biçen B., Şimşek Ö., Aka Kaçar Y. The effects of different strength of MS media on *in vitro* propagation and rooting of *Spathiphyllum*. *ANAJAS*. 2022. Vol. 37, No. 3. P. 583–592.
111. Eray N., Dalar A., Turker M. The effects of abiotic stressors and signal molecules on phenolic composition and antioxidant activities of *in vitro* regenerated *Hypericum perforatum* (St. John's Wort). *South African Journal of Botany*. 2020. Vol. 133. P. 253–263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.07.037>.
112. Eziashi E. I., Asemota O., Okwuagwu C. O., Eke C. R., Chidi N. I., Oruade-Dimaro E. A. Screening sterilizing agents and antibiotics for the elimination of bacterial contaminants from oil palm explants for plant tissue culture. *European Journal of Experimental Biology*. 2014. Vol. 4, No. 4. P. 111–115.
113. Fallah F., Kahrizi D. Effect of light spectrum and intensity on growth of grape (*Vitis vinifera*) under *in vitro* conditions. *Journal of Applied Biotechnology Reports*. 2016. Vol. 3, No. 4. P. 495–499.
114. Fan Q.-J., Zheng S.-C., Yan F.-X., Zhang B.-X. Efficient regeneration of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) and an assessment of the genetic fidelity of *in vitro* –derived plants using ISSR markers. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2013. Vol. 88, No. 5. P. 631–637. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11513017>.

115. Farahat E. M. M., Belopukhov S. L. Effect of the different concentrations of protective-stimulation complex (HFC) on the growth and development of grape seedlings in tissue culture at different nutrient levels. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2021. Vol. 55, No. 4. P. 493–496. DOI: <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-613>.
116. Fekry W. A., Wahdan H. M. Influence of substrates on *in vitro* rooting and acclimatization of micropropagated strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Middle East Journal of Agriculture Research*. 2017. Vol. 6, No. 3. P. 682–691.
117. Franks P. J., Farquhar G. D. The effect of exogenous abscisic acid on stomatal development, stomatal mechanics, and leaf gas exchange in *Tradescantia virginiana*. *Plant Physiology*. 2001. Vol. 125, No. 2. P. 935–942. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.125.2.935>.
118. Franks P. J., Farquhar G. D. The mechanical diversity of stomata and its significance in gas-exchange control. *Plant Physiology*. 2007. Vol. 143, No. 1. P. 78–87. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.106.089367>.
119. Gago J., Martínez-Núñez L., Landín M., Flexas J., Gallego P. P. Modeling the effects of light and sucrose on *in vitro* propagated plants: a multiscale system analysis using artificial intelligence technology. *PLoS One*. 2014. Vol. 9, No. 1. e85989. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085989>.
120. Gallo L. A., Faria J. M. R., de Almeida C. V., Pires M. L. L., González E. M. *In vitro* rooting of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* microcuttings in different substrates. *Australian Forestry*. 2017. Vol. 80, No. 1. P. 46–52. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.10.pne607>.
121. Galzy R., Haffner V., Compan D. Influence of three factors on the growth and nutrition of grapevine microcuttings. *Journal of Experimental Botany*. 1990. Vol. 41. P. 295–301. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/41.3.295>.
122. Gamborg O. L., Miller R. A., Ojima K. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research*. 1968. Vol. 50. P. 151–158.
123. García-Ramírez Y., Barrera G., Freire-Seijo M., Barbón R. Effect of sucrose

- on physiological and biochemical changes of proliferated shoots of *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl in temporary immersion. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2019. Vol. 137, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-019-01564-z>.
124. García-Ramírez Y., Freire-Seijo M., Pérez B. Effect of IAA on *in vitro* rooting of *Gigantochloa atter* (Hassk.) Kurz. *Biotecnología Vegetal*. 2015. Vol. 15, No. 3. P. 163–167.
125. George E. F., Hall M. A., de Klerk G. J. The anatomy and morphology of tissue cultured plants. In: George E. F., Hall M. A., de Klerk G. J. (eds.). *Plant Propagation by Tissue Culture*. Springer. 2008. P. 185–210. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3_13).
126. Govindaraju S., Saravanan J., Jayanthi B., Nancy D., Indra Arulselvi P. *In vitro* propagation of Banana (*Musa* sp. – Rasthali variety) from sword suckers for its commercial production. *Research in Plant Biology*. 2012. Vol. 2, No. 5. P. 1–6.
127. Gribaudo I., Restagno M., Vittorino N. Vented vessels affect growth rate of *in vitro* *Vitis vinifera* cv. Nebbiolo. In: I International Symposium on Acclimatization and Establishment of Micropropagated Plants. *Acta Horticulturae*. 2003. Vol. 616. P. 75–82. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.616.11>.
128. Hameg R., Boughalleb F., Bouthour D., Ltaief B., Mlika A., Ghezal N., Cheour F. Modeling and optimizing culture medium mineral composition for *in vitro* propagation of *Actinidia arguta*. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.554905>.
129. Hamirah M. N., Sani H. B., Boyce P. C., Sim S. L. Micropropagation of red ginger (*Zingiber montanum* Koenig), a medicinal plant. *AsPac Journal of Molecular Biology and Biotechnology*. 2010. Vol. 18, No. 1. P. 127–130.
130. Harjanti D. W., Wahyono F., Ciptaningtyas V. R. Effects of different sterilization methods of herbal formula on phytochemical compounds and antibacterial activity against mastitis-causing bacteria. *Vet World*. 2020. Vol. 13, No. 6. P. 1187–1192. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.1187-1192>.
131. Hashemi S. A. A., Kazemitabar S. K., Yadollahi A., Ebadi A. *In vitro*

- propagation of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Thompson Seedless) through axillary bud proliferation. *Journal of Plant Molecular Breeding*. 2020. Vol. 8, No. 2. P. 25–36.
132. Hatzilazarou S., Kostas S., Economou A., Scaltsoyiannes A. Efficient propagation of *Nerium oleander* L. through tissue culture. *Propagation of Ornamental Plants*. 2017. Vol. 17, No. 2. P. 64–74.
133. Heo J. W., Shin K. S., Kim S. K., Paek K. Y. Light quality affects *in vitro* growth of grape ‘Teleki 5BB’. *Journal of Plant Biology*. 2006. Vol. 49, No. 4. P. 276–280.
134. Hernández-Pérez C. A., Gómez-Merino F. C., Spinoso-Castillo J. L., Bello-Bello J. J. *In vitro* screening of sugarcane cultivars (*Saccharum* spp. hybrids) for tolerance to polyethylene glycol-induced water stress. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11030598>.
135. Holmes J. E., Hasing T., Ahmed S. A., Ortiz J. V., van Bakel H. Variables affecting shoot growth and plantlet recovery in tissue cultures of drug-type *Cannabis sativa* L. *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.708364>.
136. Hussain N., Ali H., Mustafa G., Khan M. S., Ali B., Ameer S., Zamir S., Iqbal R., Ali B., Khan M. N., Ozdemir F. A., Mustafa A. E.-Z. M. A., Elshikh M. S., Joyia F. A. *In vitro* plant regeneration from petioles of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *ACS Agricultural Science & Technology*. 2024. Vol. 4, No. 1. P. 57–62. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.3c00283>.
137. Iacuzzi N., Salamone F., Farruggia D., Tortorici N., Vultaggio L., Tuttolomondo T. Development of a new micropropagation protocol and transfer of *in vitro* plants to *in vivo* conditions for Cascade Hop. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 15. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12152877>.
138. Ibañez A., Valero M., Morte A. Establishment and *in vitro* clonal propagation of the Spanish autochthonous table grapevine cultivar Napoleon: an improved system where proliferating cultures alternate with rooting ones. *Anales de Biología*. 2005. Vol. 27. P. 211–220.

139. Ikten H., Read P. E. The effects of growth regulators on micropropagation of grapevine (*Vitis* spp.) ‘Marechal Foch’ and ‘Lacrosse’. *International Journal of Fruit Science*. 2010. Vol. 10, No. 3. P. 367–378.
140. Ikten H. The effects of growth regulators on micropropagation of grapevine cultivars (*Vitis* spp.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2010. Vol. 46. P. 1–7.
141. Irshad M., Rizwan H. M., Debnath B., Anwar M., Li M., Liu S., He B., Qiu D. Ascorbic acid controls lethal browning and Pluronic F-68 promotes high-frequency multiple shoot regeneration from cotyledonary node explant of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2018. Vol. 53, No. 2. P. 183–190.
142. Jaskani M., Abbas H., Sultana R., Khan M. Effect of growth hormones on micropropagation of *Vitis vinifera* L. cv. Perlette. *Pakistan Journal of Botany*. 2008. Vol. 40, No. 1. P. 105–109.
143. Jo E.-A., Tewari R. K., Hahn E.-J., Paek K. Y. Effect of photoperiod and light intensity on *in vitro* propagation of *Alocasia amazonica*. *Plant Biotechnology Reports*. 2008. Vol. 2, No. 3. P. 207–212. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11816-008-0063-6>.
144. Jofre-Garfias A. E., Vazquez-Sanchez M. N., Hernandez-Razo A. R., Davalos-Gonzalez P. A. Production and acclimatization of *in vitro* produced strawberry plants. *Acta Horticulturae*. 2006. Vol. 727. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.727.5>.
145. Keathmetha W., Suksa-ard P. Effects of rooting substrates on *in vitro* rooting of *Anthurium andraeanum* L. cv. Avanti. *Walailak Journal of Science and Technology*. 2004. Vol. 1, No. 2. P. 185. DOI: <https://doi.org/10.2004/wjst.v1i2.185>.
146. Kemat N., Visser R. G. F., Krens F. A. Physiological and morpho-anatomical analyses of hyperhydric *Arabidopsis thaliana* influenced by media components. *Journal of Plant Biotechnology*. 2023. Vol. 50. P. 255–266. DOI: <https://doi.org/10.5010/JPB.2023.50.032.255>.

147. Kim S.-H., Zebro M., Jang D.-C., Sim J.-E., Park H.-K., Kim K.-Y., Bae H.-M., Tilahun S., Park S.-M. Optimization of plant growth regulators for *in vitro* mass propagation of a disease-free ‘Shine Muscat’ grapevine cultivar. *Current Issues in Molecular Biology*. 2023. Vol. 45, No. 10. P. 7721–7733. DOI: <https://doi.org/10.3390/cimb45100487>.
148. Kim S.-J., Hahn E.-J., Heo J.-W., Paek K. Y. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of *Chrysanthemum* plantlets *in vitro*. *Scientia Horticulturae*. 2004. Vol. 101, No. 1–2. P. 143–151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2003.10.003>.
149. Kottapalli J., David-Schwartz R., Khamaisi B., Brandsma D. Sucrose-induced stomatal closure is conserved across evolution. *PLoS One*. 2018. Vol. 13, No. 10. e0205359. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205359>.
150. Kozai T., Kubota C., Heo J., Chun C., Ohyama K., Niu G., Mikami H. Towards efficient vegetative propagation and transplant production of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) under artificial light in closed systems. In: Proc. *International Workshop on Sweetpotato Production System toward the 21st Century*. Miyazaki (Japan), 1998. P. 201–214.
151. Kumar A., Kumar A., Sharma V., Mishra A., Singh S., Kumar P. *In vitro* regeneration of Gladiolus (*Gladiolus hybrida* L.): Optimization of growth media and assessment of genetic fidelity. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018. Vol. 7, No. 10. P. 2900–2909.
152. Kumsa F. Review on *in vitro* regeneration of some selected grapevines (*Vitis vinifera* L.) cultivars from shoot and leaf culture. *Journal of Natural Sciences Research*. 2016. Vol. 6, No. 23. P. 46–51.
153. Kypraiou S., Stavrakaki M., Bouza D., Biniari K. Effect of various culture media on *in vitro* propagation of grapevine cultivars ‘Giouroukiko’ and ‘Serifiotiko’ – *Agric. Acta Horticulturae*. 2019. No. 1242. P. 561–566. DOI: [10.17660/ActaHortic.2019.1242.82](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1242.82).
154. Laforge F., Lussier C., Desjardins Y., Gosselin A. Effect of light intensity and CO<sub>2</sub> enrichment during *in vitro* rooting on subsequent growth of plantlets of

strawberry, raspberry and asparagus in acclimatization. *Scientia Horticulturae*. 1991. Vol. 47, No. 3–4. P. 259–269.

155. Lakho M. A., Jatoi M. A., Solangi N., et al. Optimizing *in vitro* nutrient and *ex vitro* soil mediums-driven responses for multiplication, rooting, and acclimatization of pineapple. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28359-9>.

156. Lam E., Acosta K. Cefotaxime: A useful antibiotic for duckweed culture management. *ISCDRA*. 2023. Vol. 7, No. 2. P. 53–73.

157. Lazo-Javalera M. F., Troncoso-Rojas R., Tiznado-Hernández M. E., Martínez-Tellez M. A., Vargas-Arispuro I., Islas-Osuna M. A., Rivera-Domínguez M. Surface disinfection procedure and *in vitro* regeneration of grapevine (*Vitis vinifera* L.) axillary buds. *Springer Plus*. 2016. Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2081-0>.

158. Leckie C. P., McAinsh M. R., Allen G. J., Sanders D., Hetherington A. M. Abscisic acid-induced stomatal closure mediated by cyclic ADP-ribose. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1998. Vol. 95. P. 15837–15842.

159. Lee S., Tewari R. K., Hahn E., Paek K. Photon flux density and light quality induce changes in growth, stomatal development, photosynthesis and transpiration of *Withania somnifera* (L.) Dunal plantlets. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2007. Vol. 90. P. 141–151.

160. Leite G. B., Finardi N. L., Fortes G. R. L. Use of vermiculite as a substrate and effect of light on *in vitro* rooting of pears cv. Bartlett and clone OH × F97. *Ciência e Agrotecnologia*. 2002. Vol. 26, No. 5. P. 977–982.

161. Leite M. S., Furtado-Pinto T. E., Rabelo-Centofante A., Rubio-Neto A., Guimaraes-Silva F., Goncalves-Selari P. J. R., Martins P. F. Acclimatization of *Pouteria gardeneriana* Radlk micropropagated plantlets: role of *in vitro* rooting and plant growth-promoting bacteria. *Current Plant Biology*. 2021. Vol. 27. DOI: [10.1016/j.cpb.2021.100209](https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100209).

162. Lencina K., Avinio R. S., Fauerharmel M., Pimentel N. Introduction of nodal

- segments and *in vitro* rooting of *Apuleia leiocarpa*. *Ciência Florestal*. 2020. Vol. 30, No. 4. P. 1290–1298. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509843376>.
163. Li S., Zhou L., Wu S., Liu L., Huang M., Lin S., Ding G. Effects of LED light on *Acacia melanoxylon* bud proliferation *in vitro* and root growth *ex vitro*. *Open Life Sciences*. 2019. Vol. 14, No. 1. P. 349–357. DOI: <https://doi.org/10.1515/biol-2019-0039>.
164. Li Y., Xu S., Wang Z., He L., Xu K., Wang G. Glucose triggers stomatal closure mediated by basal signaling through HXK1 and PYR/RCAR receptors in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany*. 2018. Vol. 69, No. 7. P. 1471–1484. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ery024>.
165. Liang C., Wu R., Han Y., Wan T., Cai Y. Optimizing suitable antibiotics for bacterium control in micropropagation of cherry rootstock using a modified leaf disk diffusion method and E test. *Plants*. 2019. Vol. 8, No. 3. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8030066>.
166. Linsmaier E. M. & Skoog F. Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1965. Vol. 18, No. 1, P. 100–127. DOI: [10.1111/j.1399-3054.1965.tb06874.x](https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1965.tb06874.x).
167. Liu M., Zhao Y., Fan P., Kong J., Wang Y., Xu X., Xu M., Wang L., Li S., Liang Z., Duan W., Dai Z. Grapevine plantlets respond to different monochromatic lights by tuning photosynthesis and carbon allocation. *Horticulture Research*. 2023. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.1093/hr/uhad160>.
168. Liu-Gitz L., Britz S. J., Wergin W. P. Blue light inhibits stomatal development in soybean isolines containing kaempferol-3-O-2G-glycosyl-gentiobioside (K9), a unique flavonoid glycoside. *Plant, Cell & Environment*. 2001. Vol. 24, No. 4. P. 469–478. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00608.x>.
169. Lloyd G., McCown B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel (*Kalmia latifolia*) by use of shoot tip culture. *International Plant Propagators' Society, Combined Proceedings*. 1980. Vol. 30. P. 421–427.
170. Mahalakshmi R., Eganathan P., Parida A. *In vitro* regeneration from different

ages of petioles of physic nut (*Jatropha curcas* L.). *African Journal of Biotechnology*. 2014. Vol. 13, No. 2. P. 265–273. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12995>.

171. Mani M., Shekhawat M. S. Foliar micromorphology of *in vitro* – cultured shoots and field-grown plants of *Passiflora foetida*. *Horticultural Plant Journal*. 2017. Vol. 3, No. 1. P. 34–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.01.009>.

172. Manushkina T. M., Kovalenko O. A., Khomut V. P., Kolomiets N. P. Clonal micropropagation of *Paulownia in vitro*. *Аграрні інновації*. 2023. Вип. 17. С. 173–177. DOI: <https://doi.org/10.32848/agr.ar.innov.2023.17.24>.

173. Marino L. A., Ruffa P., Mozzanini E. et al. LEDs in plant tissue culture: boosting micropropagation of *Castanea sativa* cultivars. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-025-11812-6>.

174. Marín-Martínez L. A., Iglesias-Andreu L. G. Effect of LED lights on the *in vitro* growth of *Pinus pseudostrobus* Lindl. plants. *Journal of Forest Science*. 2022. Vol. 68, No. 8. P. 311–317. DOI: <https://doi.org/10.17221/43/2022-JFS>.

175. Martínez-Santos E., Cruz-Cruz C. A., Spinoso-Castillo J. L., Bello-Bello J. J. *In vitro* response of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) to PEG-induced osmotic stress. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02207-0>.

176. Martins J. P. R., Pasqual M., Martins A. D., Ribeira S. F. Effects of salts and sucrose concentrations on *in vitro* propagation of *Billbergia zebrina* (Herbert) Lindley (*Bromeliaceae*). *Australian Journal of Crop Science*. 2015. Vol. 9, No. 1. P. 85–91.

177. Melyan G., Sahakyan A., Dangyan K., Barsegyan A. *In vitro* propagation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivar ‘Charentsi’. *Biological Journal of Armenia*. 2018. Vol. 4. P. 49–51.

178. Melyan G., Sahakyan A., Harutyunyan A. Micropropagation of grapevine (*Vitis vinifera* L.) seedless cultivar ‘Parvana’ through lateral bud development. *Vitis*. 2015. Vol. 54 (Special Issue). P. 253–255.

179. Mihaljević I., Dugalić K., Tomaš V., Viljevac M., Pranjić A., Čmelik Z.,

- Puškar B., Jurković Z. *In vitro* sterilization procedures for micropropagation of 'Oblačinska' sour cherry. *Journal of Agricultural Sciences*. 2013. Vol. 58, No. 2. P. 117–126. DOI: <https://doi.org/10.2298/JAS1302117M>.
180. Miler N., Zalewska M. The influence of light colour on micropropagation of *Chrysanthemum*. *Acta Horticulturae*. 2006. Vol. 725, No. 1. P. 347–350.
181. Minutolo M., Chiaiese P., Di Matteo A., Errico A., Corrado G. Accumulation of ascorbic acid in tomato cell culture: influence of the genotype, source explant and time of *in vitro* cultivation. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9, No. 3. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9030222>.
182. Mohammed A., Chiruvella K. K., Namsa N. D., Ghanta R. G. An efficient *in vitro* shoot regeneration from leaf petiolar explants and *ex vitro* rooting of *Bixa orellana* L. – a dye yielding plant. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2015. Vol. 21, No. 3. P. 417–424. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12298-015-0297-z>.
183. Mohsen A. T., El-Sayed A. E. K. B., Rashed S. A., Abdallah A. M., El-Sayed M. E. A. *In vitro* evaluation of some grapevine rootstocks grown under drought stress. *Plant Archives*. 2020. Vol. 20 (Suppl. 1). P. 1029–1034.
184. Molnár Z., Virág E., Ördög V. Natural substances in tissue culture media of higher plants. *Acta Biologica Szegediensis*. 2011. Vol. 55, No. 1. P. 123–127. URL: <https://www.sci.u-szeged.hu/ABS>.
185. Moncaleán P., Alonso P., Centeno M. L., Cortizo M., Rodríguez A., Fernández B., Ordás R. J. Organogenic responses of *Pinus pinea* cotyledons to hormonal treatments: BA metabolism and cytokinin content. *Tree Physiology*. 2005. Vol. 25, No. 1. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/25.1.1>.
186. Mostafa F. M. A., Shaaban M. M., Elazab D. S., Kamel M. T. *In vitro* propagation of four grape cultivars. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. 2015. Vol. 46, No. 4. P. 65–76.
187. Mozafari A. A., Ghorraishi O., Ghaderi N., Javadi T. Micropropagation of grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) on different basal media supplemented with benzyladenine. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 2012. Vol. 77. P. 123–129.
188. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays

with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol. 15, No. 3. P. 473–497.

189. Nadal M. C. Plant growth promoting bacteria on *in vitro* rooting of *Pyrus* sp.: dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia). Lavras (Brazil) : Universidade Federal de Lavras, 2019. 52 p.

190. Nazir U., Gul Z., Shah G. M., Khan N. I. Interaction effect of auxin and cytokinin on *in vitro* shoot regeneration and rooting of endangered medicinal plant *Valeriana jatamansi* Jones through tissue culture. *American Journal of Plant Sciences*. 2022. Vol. 13, No. 2. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2022.132014>.

191. Naznin M. T., Lefsrud M., Gravel V., Azad M. O. K. Blue light added with red LEDs enhance growth characteristics, pigments content, and antioxidant capacity in lettuce, spinach, kale, basil, and sweet pepper in a controlled environment. *Plants*. 2019. Vol. 8, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8040093>.

192. Nepi M., Cresti M., Guarnieri M., Pacini E. Effect of relative humidity on water content, viability and carbohydrate profile of *Petunia hybrida* and *Cucurbita pepo* pollen. *Plant Systematics and Evolution*. 2010. Vol. 284, No. 1. P. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00606-009-0237-x>.

193. Nikolić R., Ninković S., Vinterhalter B., Zdravković-Korać S., Nešković M. Gibberellic acid promotes *in vitro* regeneration and shoot multiplication in *Lotus corniculatus* L. *Plant Growth Regulation*. 2010. Vol. 62. P. 181–188. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-010-9505-6>.

194. Nitsch J. P., Nitsch C. Haploid plants from pollen grains. *Science*. 1969. Vol. 163. P. 85–87.

195. Nookaraju A., Barreto S. M., Agrawal D. C. Rapid *in vitro* propagation of grapevine cv. Crimson Seedless – influence of basal media and plant growth regulators. *Journal of Applied Horticulture*. 2008. Vol. 10, No. 1. P. 44–49.

196. Nowakowska K., Pacholczak A., Tepper W. The effect of selected growth regulators and culture media on regeneration of *Daphne mezereum* L. ‘Alba’. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2019. Vol. 30, No. 2. P. 197–205.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s12210-019-00777-w>.

197. Omasa K., Onoe M. Measurement of stomatal aperture by digital image processing. *Plant & Cell Physiology*. 1984. Vol. 25, No. 8. P. 1379–1386. DOI: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a076848.

198. Pace L., Pellegrini M., Palmieri S., Rocchi R. Plant growth-promoting rhizobacteria for *in vitro* and *ex vitro* performance enhancement of Apennines' Genepì (*Artemisia umbelliformis* subsp. *eriantha*), an endangered phytotherapeutic plant. *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2020. Vol. 56, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11627-019-10035-1>.

199. Parabia F. M., Gami B., Kothari I. L., Mohan J. S. S., Parabia M. H. Effect of plant growth regulators on *in vitro* morphogenesis of *Leptadenia reticulata* (Retz.) W. & A. from nodal explants. *Current Science*. 2007. Vol. 92, No. 9. P. 1290–1293.

200. Parthibhan S., Senthil Kumar T. Effect of seaweed extract and plant growth regulators on high-frequency *in vitro* regeneration and *ex vitro* rooting of *Ceropegia maculata* Bedd.: an endemic species of Southern Western Ghats. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2022. Vol. 151, No. 3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02352-y>.

201. Pazurkiewicz-Kocot K., Kita A., Haduch A. The effect of kinetin on the chlorophyll pigments content in leaves of *Zea mays* L. seedlings and accumulation of some metal ions. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*. 2011. Vol. 14, No. 4. P. 397–409.

202. Pereira J. E. S., Fortes G. R. L., Biasi L. A. Effects of gelling agents and activated charcoal on *in vitro* propagation of *Solanum sessiliflorum* Dunal. *Plant Cell Reports*. 2000. Vol. 19, No. 10. P. 1013–1017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002990000222>.

203. Pe'ros J.-P., Torregrosa L., Berger G. Variability among *Vitis vinifera* cultivars in micropropagation, organogenesis and antibiotic sensitivity. *Journal of Experimental Botany*. 1998. Vol. 49, No. 319. P. 171–179.

204. Petrus-Vancea A., Blidar C.-F., Ladányi I. Effect of deuterium depleted

- water and Pi water about *in vitro* germination of mature caryopses of some species. *Analele Universității din Oradea – Fascicula Biologie*. 2010. Vol. 17, No. 1. P. 170–174.
205. Phyo A. K., Chung N.-J. Response of single leaf photosynthesis and transpiration to red light and UV-A radiation in two different plant-type rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *Australian Journal of Crop Science*. 2013. Vol. 7, No. 1. P. 119–129.
206. Podwyszyńska M., Trzewik A., Marasek-Ciolakowska A. *In vitro* polyploidization of tulips (*Tulipa gesneriana* L.) – phenotype assessment of tetraploids. *Scientia Horticulturae*. 2018. Vol. 242. P. 155–163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.022>.
207. Pompelli M. F. et al. What is the influence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions? *Brazi. J. Biol.* 2010. Vol. 70, No. 4. P. 1083–1088.
208. Poniewozik M., Parzymies M., Szot P. Effect of activated charcoal and ascorbic acid on *in vitro* morphogenesis and o-dihydroxyphenols content in *Paphiopedilum insigne*. *Horticultural Science (Prague)*. 2022. Vol. 49, No. 1. P. 48–51.
209. Poudel P. R., Kataoka I., Mochioka R. Effect of plant growth regulators on *in vitro* propagation of *Vitis ficifolia* var. *ganebu* and its interspecific hybrid grape. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2005. Vol. 4. P. 466–471.
210. Poudel P., Kataoka I., Mochioka R. Effect of red- and blue-light-emitting diodes on growth and morphogenesis of grapes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2007. Vol. 92, No. 2. P. 147–153. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-007-9317-1>.
211. Pourhassan A., Zarei H., Ghasemi M., Salehi H. A complete micropropagation protocol for black-leaved *Zamioculcas zamiifolia* ‘Dowon’. *Horticulturae*. 2023. Vol. 9, No. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040422>.
212. Qahtan A. A., Faisal M., Alatar A. A., Abdel-Salam E. M. High-frequency

- plant regeneration, genetic uniformity, and flow cytometric analysis of regenerants in *Ruta chalepensis* L. *Plants*. 2021. Vol. 10, No. 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10122820>.
213. Radifarm – біостимулятор росту кореневої системи. Режим доступу: <https://organicplanet.store/katalog/dobryva-ta-biostimulyatori/radifarm-radifarm-biostimulyator-rosta-kornevoj-sistemy-ukor2>. Дата звернення: 27.11.2025.
214. Rahimi-Khonakdari M., Rezadoost H., Heydari R., Mirjalili M. H. Effect of photoperiod and plant growth regulators on *in vitro* mass bulblet proliferation of *Narcissus tazetta* L. (*Amaryllidaceae*), a potential source of galantamine. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2020. Vol. 142, No. 1. P. 187–199. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01853-y>.
215. Rathnasamy S. A., Kambale R., Elangovan A., Mohanavel W., Shanmugavel P., Ramasamy G., Alagarsamy S., Marimuthu R., Rajagopalan V. R., Manickam S. et al. Altering stomatal density for manipulating transpiration and photosynthetic traits in rice through CRISPR/Cas9 mutagenesis. *Current Issues in Molecular Biology*. 2023. Vol. 45, No. 5. P. 3801–3814. DOI: <https://doi.org/10.3390/cimb45050245>.
216. Rehana S., Ahmed F. Y. H., Zeba N., Husna A. Effect of sunlight and artificial light on micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 2018. Vol. 3, No. 2. P. 151–156. DOI: 10.26832/24566632.2018.030208.
217. Reisdörfer-Schorr M., Ikeda A. C., de-Alcantara G. B. Influence of sucrose and medium consistency on *in vitro* multiplication and photosynthetic pigment profile of *Eucalyptus saligna*. *Bosque*. 2023. Vol. 44, No. 3. P. 573–580. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002023000300573>.
218. Roubelakis-Angelakis K. A., Zivanovic S. I. A new culture medium for *in vitro* rhizogenesis of grapevine (*Vitis* spp.) genotypes. *HortScience*. 1991. Vol. 26, No. 12. P. 1551–1553. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.12.1551>.
219. Sadeghi F., Yadollahi A., Kermani M. J., Eftekhari M. Optimizing culture media for *in vitro* proliferation and rooting of Tetra (*Prunus empyrean*) rootstock.

- Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2015. Vol. 13, No. 1. P. 19–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2014.12.006>.
220. Saeedi S. A., Vahdati K., Sarikhani S., Daylami S. D., Davarzani M., Gruda N. S., Aliniaiefard S. Growth, photosynthetic function, and stomatal characteristics of Persian walnut explants *in vitro* under different light spectra. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1292045>.
221. Sahraroo A., Zarei A., Babalar M. *In vitro* regeneration of the isolated shoot apical meristem of two commercial fig cultivars ‘Sabz’ and ‘Jaami-e-Kan’. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019. Vol. 17. P. 743–749. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.01.024>.
222. Sajid G. M., Kashif M., Anwar R. Effect of diverse hormonal regimes on *in vitro* growth of grape germplasm. *Pakistan Journal of Botany*. 2006. Vol. 38, No. 2. P. 385–391.
223. Samake G., Folega F., Kansaye A., Wang H. *In vitro* regeneration of *Acacia nilotica* on wood plant versus B5 media. *Journal of Agriculture, Biotechnology & Ecology*. 2011. Vol. 4, No. 2. P. 64–75.
224. Sarjiyah S., Guretna T., Samidjo G. S. Effects of exogenous auxin on stem cutting growth of tea (*Camellia sinensis*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 458. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/458/1/012037>.
225. Sevik H., Guney K. Effects of IAA, IBA, NAA, and GA<sub>3</sub> on rooting and morphological features of *Melissa officinalis* L. stem cuttings. *The Scientific World Journal*. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/909507>.
226. Shareefa M., Thomas R. J., Sreelekshmi J. S., Anitha K. Occurrence of *in vitro* flowering in coconut (*Cocos nucifera* L.). *Journal of Horticultural Sciences*. 2022. Vol. 17, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.24154/jhs.v17i1.763>.
227. Shin K. S., Murthy H. N., Heo J. W. et al. The effect of light quality on the growth and development of *in vitro* cultured *Doritaenopsis* plants. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2008. Vol. 30. P. 339–343. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0128-0>.

228. Shirin F., Parihar N. S., Shah S. N. Effect of nutrient media and KNO<sub>3</sub> on *in vitro* plant regeneration in *Saraca asoca* (Roxb.) Willd. *American Journal of Plant Sciences*. 2015. Vol. 6, No. 19.
229. Silva A. L. L., Oliveira Y., Costa J. L., Scheidt G. N., Carvalho D. C., Santos J. D., Guerra E. P. Pré-aclimatização e aclimatização em cultivo hidropônico de plantas micropropagadas de *Eucalyptus saligna* Sm. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*. 2011. Vol. 9, No. 2. P. 179–184.
230. Silva A. L., Doazan J. P. Une méthode d'irradiation aux rayons gamma appliquée à des porte-greffes de vigne *in vitro*. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*. 1995. Vol. 29. P. 1–9.
231. Silva L. A. S., Costa A. O., Batista D. S., Silva M. L., Costa Netto A. P., Rocha D. I. Exogenous gibberellin and cytokinin in a novel system for *in vitro* germination and development of African iris (*Dietes bicolor*). *Revista Ceres*. 2020. Vol. 67, No. 5. P. 473–480. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202067050008>.
232. Silvestri C., Caceres M. E., Ceccarelli M., Pica A. L., Rugini E., Cristofori V. Influence of continuous spectrum light on morphological traits and leaf anatomy of hazelnut plantlets. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01318>.
233. Simkin A. J., Kapoor L., Priya Doss C. G., Hofmann T. A., Lawson T., Ramamoorthy S. The role of photosynthesis related pigments in light harvesting, photoprotection and enhancement of photosynthetic yield in planta. *Photosynthesis Research*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-021-00892-6>.
234. Sonawane B. V., Koteyeva N. K., Johnson D. M., Cousins A. B. Differences in leaf anatomy determines temperature response of leaf hydraulic and mesophyll CO<sub>2</sub> conductance in phylogenetically related C<sub>4</sub> and C<sub>3</sub> grass species. *New Phytologist*. 2021. Vol. 230, No. 5. P. 1802–1814.
235. Sota V., Kongjika E. The effect of nutrient media in micropropagation and *in vitro* conservation of wild population of mahaleb cherry (*Prunus mahaleb* L.). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2014. Vol. 3, No. 6. P.

453–456.

236. Souza J. A., Bettoni J. C., Costa M. D., Baldissera T. C., Passos J. F. M. D., Primieri S. 3-IAA on *in vitro* rooting and acclimatization of apple rootstock. *Communications in Plant Sciences*. 2022. Vol. 12. P. 16–23. DOI: <https://doi.org/10.26814/cps2022003>.

237. Sreelekshmi R., Siril E. A. Effective reversal of hyperhydricity leading to efficient micropropagation of *Dianthus chinensis* L. *3 Biotech*. 2021. Vol. 11, No. 2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02645-7>.

238. Striganavičiūtė G., Žiauka J., Sirgedaitė-Šėžienė V., Vaitiekūnaitė D. Impact of plant-associated bacteria on the *in vitro* growth and pathogenic resistance against *Phellinus tremulae* of different aspen (*Populus*) genotypes. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9, No. 9. Article 1901. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091901>.

239. Sulusoglu M. Effects of agar types on rooting performance in tissue culture: sample of Quince A rootstock cultures. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2014. Special Issue 1. P. 957–962.

240. Tamošiūnė I., Andriūnaitė E., Vinskienė J., Stanys V., Rugienius R., Baniulis D. Enduring effect of antibiotic Timentin treatment on tobacco *in vitro* shoot growth and microbiome diversity. *Plants*. 2022. Vol. 11, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11060832>.

241. Tanaka K., Fujiwara K., Kozai T. Effects of relative humidity in the culture vessel on the transpiration and net photosynthetic rates of potato plantlets *in vitro*. *Acta Horticulturae*. 1992. Vol. 319. P. 59–64. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.319.3>.

242. Tarinejad A., Amiri S. Influence of plant growth regulators, carbohydrate source and concentration on micropropagation and other physiological traits of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Shahroudi\*) under *in vitro* conditions. *Journal of Plant Physiology and Breeding*. 2019. Vol. 9, No. 1. P. 75–82.

243. Teixeira da Silva J. A., Hossain M. M., Sharma M., Dobránszki J., Cardoso J. C., Songjun Z. Acclimatization of *in vitro*-derived *Dendrobium*. *Horticultural*

- Plant Journal*. 2017. Vol. 3, No. 3. P. 110–124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.07.009>.
244. Tesliuk N. I., Lytvyn M. L., Hudzenko T. V. Optimization of nutrient medium for primary stages of *in vitro* microclonal propagation of walnut. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2022. No. 3. С. 24–33. DOI: [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2022.3\(56\).265806](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2022.3(56).265806).
245. Tharanga I. N., Gunasena M. D. K. M., Rohanadheera H. Utilization of banana pseudostem extract as a cost-effective supplement to MS medium for *in vitro* propagation of sour banana (*Musa acuminata*). Undergraduate Research Symposium of Technology, Sabaragamuwa University of Sri Lanka, Belihuloya, April 2025. p. 10.
246. Thomas P., Prakash G. S. Sanitizing long-term micropropagated grapes from covert and endophytic bacteria and preliminary field testing of plants after 8 years *in vitro*. *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2004. Vol. 40, No. 6. P. 603–607.
247. Tkachenko O. V., Evseeva N. V., Boikova N. V., Matora L. Y., Burygin G. L. et al. Improved potato microclonal reproduction with the plant growth-promoting rhizobacteria *Azospirillum*. *Agronomy for Sustainable Development*. 2015. Vol. 35, No. 3. P. 1167–1174. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0304-3>.
248. Topçu Altıncı N., Cangi R. Drought tolerance of some wine grape cultivars under *in vitro* conditions. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*. 2019. Vol. 36, No. 2. P. 145–152. DOI: <https://doi.org/10.13002/jafag4633>.
249. Troncoso A., Matte C., Cantos M., Lavee S. Evaluation of salt tolerance of *in vitro*-grown grapevine rootstock varieties. *Vitis*. 1999. Vol. 38, No. 2. P. 55–60. DOI: <https://doi.org/10.5073/vitis.1999.38.55-60>.
250. Troncoso A., Villegas A., Mazuelos C., Cantos M. Growth and mineral composition of grapevine rootstock cultured *in vitro* with different levels of ammonium nitrate. *Plant Nutrition – Physiology and Applications*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1990. P. 653–654. DOI: <https://doi.org/10.1007/978->

94-009-0585-6\_110.

251. Ubaydullaeva K. A., Abdullaev A. N., Bolkiev A. A., Darmanov M. M., Asrorov A. M., Abdullaev S. A., Eshmurzaev J. B., Babadjanova F. I., Buriev Z. T. Complex of glycyrrhizic and salicylic acids: A new root length growing means for grapes to grow from the apical meristem. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2023. Vol. 22. P. 260–268.

252. Utami E. S. W., Hariyanto S. *In vitro* seed germination and seedling development of a rare Indonesian native orchid *Phalaenopsis amboinensis* J.J.Sm. *Scientifica*. 2019. 6 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/8105138>.

253. Van Yen D., Li J. Effect of growth regulators on *in vitro* micropropagation of *Stahlianthus thorelii* Gagnep. *Agriculture*. 2022. Vol. 12, No. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12111766>.

254. Vaz A. P. A., Figueiredo-Ribeiro R. C. L., Kerbauy G. B. Photoperiod and temperature effects on *in vitro* growth and flowering of *P. pusilla*, an epiphytic orchid. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2004. Vol. 42, No. 5. P. 411–415. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2004.03.008>.

255. Vieira R. L., Leite G. B., Wamser A. F. Effect of porous substrates in *in vitro* rooting of M-9 apple rootstock (*Malus pumilla*). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2007. Vol. 29, No. 1. P. 128–132. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000100028>.

256. Wang L. H., Li G. L., Wei S., Li L. J., Zuo S. Y., Liu X., Gu W. R., Li J. Effects of exogenous glucose and sucrose on photosynthesis in triticale seedlings under salt stress. *Photosynthetica*. 2019. Vol. 57, No. 1. P. 286–294. DOI: <https://doi.org/10.32615/ps.2019.030>.

257. Wang S., Wang X., Shi X., Wang B., Zheng X., Wang H., Liu F. Red and blue lights significantly affect photosynthetic properties and ultrastructure of mesophyll cells in senescing grape leaves. *Horticultural Plant Journal*. 2016. Vol. 2, No. 2. P. 82–90.

258. Waseem K., Jilani M. S., Khan M. S., Kiran M., Khan J. *In vitro* multiplication of *Chrysanthemum morifolium* using benzylaminopurine. *Pakistan*

*Journal of Botany*. 2011. Vol. 43, No. 1. P. 63–69.

259. Xu Y., Liang Y., Yang M. Effects of composite LED light on root growth and antioxidant capacity of *Cunninghamia lanceolata* tissue culture seedlings. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46139-2>.

260. Xu Y., Yang M., Cheng F., et al. Effects of LED photoperiods and light qualities on *in vitro* growth and chlorophyll fluorescence of *Cunninghamia lanceolata*. *BMC Plant Biology*. 2020. Vol. 20, No. 269. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02480-7>.

261. Yaacob J. S., Taha R. M., Mohajer S. Organogenesis induction and acclimatization of African blue lily (*Agapanthus praecox* ssp. *minimus*). *Journal of Agricultural Science*. 2017. Vol. 9, No. 7. P. 265–276. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v9n7p265>.

262. Yamaner Ö., Erdağ B. *In vitro* seed germination and seedling development of an endemic medicinal plant *Hypericum adenotrichum* Spach. *European Journal of Science and Technology*. 2021. No. 23. P. 440–447. URL: <http://dergipark.gov.tr/ejosat>.

263. Yancheva S., Marchev P., Yaneva V., Roichev V., Tsvetkov I. *In vitro* propagation of grape cultivars and rootstocks for production of pre-basic planting material. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. Vol. 24, No. 5. P. 801–806.

264. Yang X., Pei Q., He S., Lu M., Jia H. Pi'ao ni putao butong jizhi zaimei tiaojian xia de shengzhang yu guoshi pinzhi fenxi. *Zhejiang Nongye Xuebao* (浙江农业学报). 2014. Vol. 26, No. 4. P. 929–932.

265. Yıldırım H., Ozdemir G. Influence of BAP concentrations and nutrient medium composition on *in vitro* regeneration of 'Öküzgözü' and 'Boğazkere' (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Erwerbs-Obstbau*. 2018. Vol. 60, No. 3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-018-0393-7>.

266. Zawadzka M., Trzciński P., Nowak K., Orlikowska T. The impact of three bacteria isolated from contaminated plant cultures on *in vitro* multiplication and

rooting of microshoots of four ornamental plants. *Journal of Horticultural Research*. 2013. Vol. 21, No. 2. P. 41–51. DOI: <https://doi.org/10.2478/johr-2013-0020>.

267. Zein El Din A. F. M., Ibrahim M. F. M., Farag R., Abd El-Gawad H. G., El-Banhawy A., Alaraidh I. A., Rashad Y. M., Lashin I., Abou El-Yazied A., Elkelish A., Abd Elbar O. H. Influence of polyethylene glycol on leaf anatomy, stomatal behavior, water loss, and some physiological traits of date palm plantlets grown *in vitro* and *ex vitro*. *Plants*. 2020. Vol. 9, No. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111440>.

268. Zelenianska N. M., Samofalov M. O. Development of the root system of grape microclones on mineral nutrient substrates. *Şuşa və ətraf ərazilərin biomüxtəlifliyi, torpaq və su ehtiyatları: gələcəyə baxış* : beynəlxalq konfransın materialları. (Şuşa, 22–24 sen. 2022 il). Bakı, 2022. Səh. 135–136. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Fakhraddin-](https://www.researchgate.net/profile/Fakhraddin-Karimov/publication/376487142AZRBAYCANIN_QARABAG_V_SRQI_ZNGZUR_IQTISADI_RAYONLARINDA_YASIL_ENERGETIKANIN_INKISAFI_IMKANLARININ_QIYMTLNDIRILMSI/links/657aa831ea5f7f02056d5b43/AZRBA_YCANIN-QARABAG-V-SRQI-ZNGZUR-IQTISADI-RAYONLARINDA-YASIL-ENERGETIKANIN-INKISAFI-IMKANLARININ-QIYMTLNDIRILMSI.pdf)

Karimov/publication/376487142AZRBAYCANIN\_QARABAG\_V\_SRQI\_ZNGZUR\_IQTISADI\_RAYONLARINDA\_YASIL\_ENERGETIKANIN\_INKISAFI\_IMKANLARININ\_QIYMTLNDIRILMSI/links/657aa831ea5f7f02056d5b43/AZRBA\_YCANIN-QARABAG-V-SRQI-ZNGZUR-IQTISADI-RAYONLARINDA-YASIL-ENERGETIKANIN-INKISAFI-IMKANLARININ-QIYMTLNDIRILMSI.pdf.

269. Zelenianskaya N. N., Samofalov M. O. Manifestation of the regenerative ability of rootstock and technical variety of grapes (*Vitis vinifera* L.) on mineral substrates *in vitro* conditions. *Colloquium-journal*. 2022. Vol. 19, No. 142. C. 34–37. DOI: <https://doi.org/10.24412/2520-6990-2022-19142-34-37>.

270. Zelenianska N. M., Ishchenko I. O., Samofalov M. O. Influence of nutrient media on the physiological parameters of grape microclones. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 6, No. 26. P. 71–84. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.7>.

271. Zheng J., Ji F., He D., Niu G. Effect of light intensity on rooting and growth of hydroponic strawberry runner plants in a LED plant factory. *Agronomy*. 2019. No. 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120875>.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А. 1

Затверджую  
Директор ДП «ДГ «Таїровське»  
ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова»  
НААН України  
Ощипок О. С.  
«27» «грудня» 2024 року

## АКТ

*впровадження науково-дослідної роботи у виробництво*

1. Назва розробки. Застосування біотехнологічних прийомів вирощування підщепних саджанців винограду категорії «базові» для закладки маточних насаджень в ДП «ДГ «Таїровське» ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України (за результатами дисертаційної роботи молодшого наукового співробітника сектору клонової селекції та біохімії винограду відділу селекції, генетики та ампелографії ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова – Самофалова Михайла Олександровича).
2. Назва наукової установи, яка виконувала розробку. Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України.
3. Шифр роботи та назва програми, згідно яких виконано впровадження. 21.00.03.02 Ф «Розробити та теоретично обґрунтувати шляхи оптимізації умов вегетації маточних насаджень та щеплених саджанців винограду для одержання садивного матеріалу з високим адаптаційним потенціалом», 0111U001164; 21.00.02.03 Ф «Теоретично обґрунтувати та впровадити комплекс методів підвищення регенераційної здатності, стійкості винограду та використання біологічно активних препаратів у технології вирощування садивного матеріалу винограду», 0111U003739.
4. Назва підприємства та об'єкту, на якому виконано впровадження. Державне підприємство «Дослідне господарство «Таїровське» ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова», НААН України (виноградна шкілька), Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова» НААН України (лабораторія культури винограду *in vitro*).
5. Дата впровадження. Квітень 2022 року – грудень 2024 року.

6. Короткий опис та умови впровадження, його новизна. Класифікація садивного матеріалу винограду (згідно ДСТУ 4390:2005 Саджанці винограду та чубуки виноградної лози. Технічні умови) передбачає наявність таких категорій.

*Вихідний садивний матеріал* - результат первинного розмноження клонів. Він є вільним від вірусів, контрольований на бактеріальний рак і призначений для закладання базових маточників.

*Базовий садивний матеріал* отримують з базових маточників. Він є проміжним (накопичувальним) етапом і має той самий санітарний статус, що і вихідний (вільний від вірусів і контрольований на бактеріальний рак). Призначений для закладання *сертифікованих* маточників.

*Сертифікований садивний матеріал* отримують із сертифікованих маточників. Він є промисловим етапом розмноження клонів. Призначений для закладання промислових виноградників та не рекомендується для подальшого розмноження у зв'язку з можливістю зниження рівня генетичного і санітарного статусу в процесі трьохразового розмноження.

Щеплені саджанці винограду категорії *сертифіковані* є основою сертифікованого виноградного розсадництва України.

На сьогоднішній день в Україні загальна площа маточних насаджень селекційно-біологічної категорії *базові* складає 34,21 га, з них: клони прищепних сортів - 24,35 га; клони підщепних сортів - 9,86 га.

У ДП «ДГ «Таїровське» ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України загальна площа базового маточника складає тільки 3,4 га (клони підщепних і прищепних сортів винограду). Тому нашим завданням було з використанням методів культури тканин і органів *in vitro* виростити здорові підщепні саджанці винограду категорії *базові* для закладання *базового* маточника. Для цього були використані модифіковані, удосконалені, нові технологічні прийоми, за результатами дисертаційної роботи молодшого наукового співробітника сектору клонової селекції та біохімії винограду відділу селекції, генетики та ампелографії ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова – Самофалова Михайла Олександровича.

У 2022 році в культуру тканин і органів *in vitro* були введені ініціальні експланти винограду підщепних сортів і клонів винограду:

Р х Р 101-14 1182, Р х Р 101-14 4923, Б х Р Кобер 5 ББ 21192,  
Б х Р Кобер 5 ББ 211161, Б х Р СО4 1791, Б х Р СО4 97101, Гарант,  
Добриня.

На етапі введення ініціальних експлантів винограду у культуру тканин і органів *in vitro* застосовували поживне середовище Мурасіге і Скуга (МС) з мінімальним вмістом фітогормонів 6-БАП та ІОК: 6-БАП у кількості 0,2 мг/л і ІОК у кількості 0,05 мг/л.

На етапі власне їх мікророзмноження (2022-2023 рр.) використовували модифіковані поживні середовища МС:

## Продовження додатку А. 1

МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП (контроль);  
 МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + *Radifarm* 2,5 мл/л;  
 МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + *Clonex gel*;  
 МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + агроперліт (1:1);  
 МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + вермікуліт (1:1);  
 МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + (агроперліт + вермікуліт) (1:1:1).

У другому, третьому кварталах 2023 року, після того як було отримано необхідну кількість мікроклонів, рослини пересаджували на поживні субстрати для переадаптації. Були використанні наступні субстрати: агроперліт, вермікуліт, агроперліт+вермікуліт (1:1).

Вирощування мікроклонів винограду підщепних сортів, клонів на вказаних субстратах здійснювалось до другого кварталу 2024 року у культуральному та адаптаційному боксах відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України. У процесі адаптації мікроклони винограду тричі обприскували антитранспірантом (Вапор Гард) та систематично обприскували фунгіцидами.

У першій декаді травня 2024 року адаптовані мікроклони винограду підщепних сортів висаджували в ґрунтову шкільку відкритого ґрунту. Технологічний догляд за мікроклонами винограду у шкільці здійснювали за загальноприйнятою, для кореневласних саджанці винограду, технологією.

Враховуючи все вищенаведене, співробітниками відділу розсадництва, розмноження та біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України протягом 2024 року було вирощено наступну кількість підщепних мікроклонів саджанців винограду для закладання базових маточників у ДП «ДГ «Таїровське» ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України:

| <u>Назва сорту, клону</u> | <u>Кількість саджанців, шт.</u> |
|---------------------------|---------------------------------|
| Р x Р 101-14              | 1182                            |
| Р x Р 101-14              | 4923                            |
| Б x Р Кобер 5 ББ          | 21192                           |
| Б x Р Кобер 5 ББ          | 211161                          |
| Б x Р СО4                 | 1791                            |
| Б x Р СО4                 | 97101                           |
| Гарант                    | 39                              |
| Добриня                   | 133                             |
| <u>Всього:</u>            | <u>530</u>                      |

## Продовження додатку А. 1

Відповідно до ДСТУ України 4390:2005 важливо отримати саджанці винограду, які будуть відповідати кількісним і якісним параметрам розвитку, зазначеним у нормативному документі.

Проведення обліків розвитку мікроклональних рослин у кінці вегетації (після викопування зі шкільки) показало, що найкращі параметри розвитку мікроклональних підщепних саджанців винограду було отримано після застосування на лабораторних етапах культивування рослин *in vitro* поживних середовищ МС з біологічно активними препаратами та мінеральними субстратами (агроперліт+вермикуліт). Результати наведені нижче в таблиці.

Таблиця  
Біометричні показники розвитку мікроклональних рослин підщепних сортів винограду

| Назва сорту, клону   | Показники розвитку |                    |                        |
|--|--------------------|--------------------|------------------------|
|  | діаметр пагону, мм | висота пагонів, см | кількість коренів, шт. |
| 1  | 2                  | 3                  | 4                      |
| <i>МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП / агроперліт+вермикуліт (контроль)</i>          |                    |                    |                        |
| Р х Р 101-14 1182  | 3,0                | 38,0               | 3,0                    |
| Р х Р 101-14 4923  | 3,0                | 42,0               | 3,0                    |
| Б х Р Кобер 5 ББ 21192   | 3,2                | 48,0               | 3,2                    |
| Б х Р Кобер 5 ББ 211161  | 3,3                | 50,0               | 3,0                    |
| Б х Р СО4 1791   | 3,5                | 52,0               | 3,0                    |
| Б х Р СО4 97101  | 3,0                | 55,0               | 3,0                    |
| Гарант   | 3,5                | 62,0               | 3,2                    |
| Добриня  | 3,6                | 66,0               | 3,5                    |
| <i>МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + Radifarm 2,5 мл/л / агроперліт+вермикуліт</i> |                    |                    |                        |
| Р х Р 101-14 1182  | 3,0                | 40,0               | 3,2                    |
| Р х Р 101-14 4923  | 3,0                | 42,0               | 3,2                    |
| Б х Р Кобер 5 ББ 21192   | 3,5                | 50,0               | 3,2                    |
| Б х Р Кобер 5 ББ 211161  | 3,5                | 50,0               | 3,0                    |
| Б х Р СО4 1791   | 3,5                | 55,0               | 3,0                    |
| Б х Р СО4 97101  | 3,2                | 55,0               | 3,0                    |
| Гарант   | 3,4                | 65,0               | 3,2                    |
| Добриня  | 3,8                | 66,0               | 3,6                    |

## Продовження додатку А. 1

Продовження таблиці

| 1   |        | 2   | 3    | 4   |
|---|--------|-----|------|-----|
| <i>МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + Clonex gel / агроперліт+вермикуліт</i>       |        |     |      |     |
| Р х Р 101-14  | 1182   | 3,0 | 42,0 | 3,8 |
| Р х Р 101-14  | 4923   | 3,0 | 42,0 | 3,7 |
| Б х Р Кобер 5 ББ  | 21192  | 3,2 | 48,0 | 4,0 |
| Б х Р Кобер 5 ББ  | 211161 | 3,2 | 49,0 | 4,0 |
| Б х Р СО4   | 1791   | 3,2 | 53,0 | 3,6 |
| Б х Р СО4   | 97101  | 3,2 | 54,0 | 3,6 |
| Гарант  |        | 3,4 | 62,0 | 4,0 |
| Добриня   |        | 3,5 | 65,0 | 4,0 |
| <i>МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + агроперліт (1:1) / агроперліт+вермикуліт</i> |        |     |      |     |
| Р х Р 101-14  | 1182   | 4,2 | 65,0 | 4,0 |
| Р х Р 101-14  | 4923   | 4,4 | 68,0 | 4,0 |
| Б х Р Кобер 5 ББ  | 21192  | 5,0 | 70,0 | 4,5 |
| Б х Р Кобер 5 ББ  | 211161 | 5,2 | 72,0 | 4,5 |
| Б х Р СО4   | 1791   | 4,5 | 71,0 | 4,0 |
| Б х Р СО4   | 97101  | 4,5 | 70,0 | 4,0 |
| Гарант  |        | 5,0 | 71,0 | 4,0 |
| Добриня   |        | 5,5 | 80,0 | 5,0 |
| <i>МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + вермикуліт (1:1) / агроперліт+вермикуліт</i> |        |     |      |     |
| Р х Р 101-14  | 1182   | 4,2 | 66,0 | 4,2 |
| Р х Р 101-14  | 4923   | 4,4 | 70,0 | 4,2 |
| Б х Р Кобер 5 ББ  | 21192  | 5,2 | 72,0 | 4,6 |
| Б х Р Кобер 5 ББ  | 211161 | 5,2 | 72,0 | 4,6 |
| Б х Р СО4   | 1791   | 4,8 | 70,0 | 4,2 |
| Б х Р СО4   | 97101  | 4,5 | 70,0 | 4,0 |
| Гарант  |        | 5,2 | 70,0 | 4,2 |
| Добриня   |        | 5,6 | 80,0 | 5,0 |

## Продовження додатку А. 1

Продовження таблиці

|                  | 1   | 2   | 3    | 4   |
|------------------|---|-----|------|-----|
|                  | МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1) / агроперліт+вермикуліт |     |      |     |
| Р х Р 101-14     | 1182  | 4,6 | 68,0 | 4,5 |
| Р х Р 101-14     | 4923  | 4,8 | 74,0 | 4,5 |
| Б х Р Кобер 5 ББ | 21192   | 5,4 | 75,0 | 4,6 |
| Б х Р Кобер 5 ББ | 211161  | 5,4 | 70,0 | 4,5 |
| Б х Р СО4        | 1791  | 4,8 | 72,0 | 4,5 |
| Б х Р СО4        | 97101   | 4,6 | 71,0 | 4,5 |
| Гарант           |   | 5,6 | 75,0 | 4,8 |
| Добриня          |   | 5,8 | 80,0 | 5,0 |

7. Основні техніко-економічні показники (результати) впроваджені розробки.

З урахуванням витрат на вирощування мікроклональних підщепних саджанців винограду в ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України та ДП «ДГ «Таїровське» ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України протягом 2022-2024 років та у відповідності з вимогами до садивного матеріалу винограду згідно ДСТУ 4390:2005 встановлено наступне:

- за біометричними показниками росту та розвитку мікроклональних саджанців винограду найкращі результати було отримано після застосування на різних технологічних етапах культивування рослин *in vitro* структурованих поживних середовищ МС (МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + агроперліт (1:1); МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + вермикуліт (1:1); МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + (агроперліт + вермикуліт) (1:1:1)) та поживних середовищ, збагачених біологічно активними препаратами (МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + *Radifarm* 2,5 мл/л; МС + 0,3 мг/л ІОК, 0,2 мг/л БАП + *Clonex gel*). У середньому за сортами, саджанці у цих варіантах в 1,3-1,8 рази перевищували біометричні показники розвитку рослин контрольних варіантів (діаметр пагону, їх висоту та кількість коренів).
- розрахунок основних показників економічної ефективності біотехнологічних методів вирощування мікроклональних саджанців винограду підщепних сортів показав, що удосконалена технологія супроводжувалась збільшенням рівня рентабельності до 160,0%, порівняно з контрольним варіантом, що у 1,5 – 2,0 рази більше. Такі показники пояснюються вищим рівнем рентабельності адаптованих мікроклонів винограду у шкільці відкритого ґрунту.

## Продовження додатку А. 1

Комісія в складі: головного агронома ДП «ДГ «Таїровське» - Лобаня Б. В., зав. відділом розсадництва, розмноження і біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН, д.с.-г.н. – Зеленянської Н. М., зав. лабораторії фізіології винограду відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду, к.с.-г.н. – Артюх М. М., зав. лабораторії культури винограду *in vitro* відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду, к.с.-г.н. – Гогулінської О. І., старшого наукового співробітника лабораторії фізіології винограду відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду, к.с.-г.н. – Боруна В. В., лаборанта лабораторії культури винограду *in vitro* відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду – Бойко О. М., молодшого наукового співробітника сектору клонової селекції та біохімії винограду відділу селекції, генетики та ампелографії – Самофалова М. О. підтверджує, що мікроклональні саджанці винограду підщепних сортів вирощували з застосуванням технологічних прийомів, розроблених і представлених у дисертаційній роботі Самофалова М. О..

Одержані мікроклональні саджанці винограду підщепних сортів і клонів вільні від вірусних і бактеріальних хвороб винограду, відповідають вимогам ДСТУ 4390:2005 та передані у господарство в кількості 530 шт. для закладання базового маточника підщепних лоз винограду.

Головний агроном ДП «ДГ «Таїровське»  
ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України

Лобаня Б. В.

Зав. відділом розсадництва, розмноження і біотехнології винограду  
ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України

Зеленянська Н. М.

Зав. лабораторії фізіології винограду відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України

Артюх М. М.

Зав. лабораторії культури винограду *in vitro* відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України

Гогулінська О. І.

Старший науковий співробітник лабораторії фізіології винограду відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду  
ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України

Борун В. В.

Лаборант лабораторії культури винограду *in vitro* відділу розсадництва, розмноження і біотехнології винограду ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України

Бойко О. М.

Молодший науковий співробітник сектору клонової селекції та біохімії винограду відділу селекції, генетики та ампелографії  
ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» НААН України

Самофалов М. О.

## Додаток А. 2

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР  
“ІНСТИТУТ ВІНОГРАДАРСТВА І  
ВИНОРОБСТВА ІМЕНІ В.С. ТАЇРОВА”

Вул. Перемоги, 27  
с-ще Таїрове, Одеський р-н, Одеська обл.,  
65496, Україна  
Тел./факс: +380 (48) 740 36 76  
Електронна пошта: iviv\_nnc@ukr.net  
iviv@te.net.ua



NATIONAL ACADEMY  
OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE  
NATIONAL SCIENTIFIC CENTRE  
“V. YE. TAIROV INSTITUTE  
OF VITICULTURE AND WINEMAKING”

Peremohy str., 27,  
Tairove settlement, Odesa district,  
Odesa region, 65496, Ukraine  
Tel./fax: +380 (48) 740 36 76  
E-mail: iviv\_nnc@ukr.net  
iviv@te.net.ua

08.09 2025 р. № 226/1

## ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень  
Самофалова Михайла Олександровича

Даним підтверджуємо, що результати наукових досліджень здобувача III освітньо-наукового ступеня доктор філософії Михайла Самофалова, отримані під час підготовки дисертаційної роботи доктора філософії з питань сучасної технології вирощування мікроклональних саджанців винограду пройшли апробацію та використовуються в освітньому процесі при підготовці аспірантів, що навчаються за ОНП «Виноградарство» в ННЦ «ІВіВ ім. В.С. Таїрова».

Теоретичні положення дисертаційної роботи «Теоретичні і практичні аспекти розмноження винограду в культурі тканин і органів *in vivo*» увійшли до навчальної дисципліни: «Сучасні технології у виноградному розсадництві» та використовуються впродовж 2025 – 2026 навчального року.

Довідка видана для представлення у спеціалізовану вчену раду за місцем захисту дисертаційної роботи доктора філософії.

Директор

Заступник директора  
з наукової роботи



Ірина КОВАЛЬОВА

Ніна МУЛЮКІНА

Ірина ПЩЕНКО,  
0676016071

## Додаток Б

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ****Статті у наукових фахових виданнях України**

1. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Регенераційна здатність підщепних і технічних сортів винограду в культурі тканин і органів *in vitro*. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 67–76. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.10>.
2. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Підвищення адаптивності мікроклонів винограду в умовах *in vitro*. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 25–31. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.3>.
3. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив умов культивування мікроклонів винограду *in vitro* на їх приживлюваність *in vivo*. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 127. С. 64–71. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.8>.

**Статті у науковому фаховому виданні України, проіндексованому в  
базах даних Scopus**

4. Zelenianska N. M., Ishchenko I. O., Samofalov M. O. Influence of nutrient media on the physiological parameters of grape microclones. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 6, No. 26. P. 71–84. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.7>.

**Статті в іншому науковому виданні**

5. Zelenianskaya N. N., Samofalov M. O. Manifestation of the regenerative ability of rootstock and technical variety of grapes (*Vitis vinifera* L.) on mineral substrates *in vitro* conditions. *Colloquium-journal*. 2022. Vol. 19, No. 142. P. 34–37. DOI: <https://doi.org/10.24412/2520-6990-2022-19142-34-37>.

### Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив умов культивування на фізіолого-біохімічні показники мікроклонів винограду. *Modern research in world science* : Proceedings of the 5th International scientific and practical conference. (Львів, 7–9 серпня 2022 р.). Львів, 2022. С. 24–28. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-world-science-7-9-08-2022-lviv-ukrayina-arhiv>.
7. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Визначення основних фізіолого-біохімічних показників мікроклонів винограду. *Розвиток наукових міжгалузевих досліджень* : матеріали наук.-практ. конф., (Вінниця, 26–27 листопада 2021 р.). Херсон, 2021. С. 32–35. URL: <http://molodyvcheny.in.ua/ua/conf/sociol/archive/1622/>.
8. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Особливості росту та розвитку мікроклонів винограду на модифікованих поживних середовищах. *The Globalization of Scientific Knowledge* : Theoretical and Practical Research : conf. proceedings. (Рига, 17–18 грудня 2021 р.). Рига, 2021. С. 15–19. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-164-0-5>.
9. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Регенераційний потенціал різних сортів винограду в культурі тканин і органів *in vitro*. *The latest scientific achievements in the modern agro-industrial complex* : conf. proceedings. (Люблін, 28–29 грудня 2021 р.). Рига, 2021. С. 52–56. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-184-8-12>.
10. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Визначення регенераційної здатності винограду *in vitro*. *International scientific innovations in human life* : The 7th Int. sci.-pract. conf. (Манчестер, 19–21 січня 2022 р.). Манчестер, 2022. С. 20–28. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2022/01/INTERNATIONAL-SCIENTIFIC-INNOVATIONS-IN-HUMAN-LIFE-19-21.01.22.pdf>.
11. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив модифікованого поживного середовища на розвиток вегетативної маси мікроклонів винограду. *Scientific*

*Collection «InterConf», (100)* : with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «Global and Regional Aspects of Sustainable Development». (Копенгаген, 26–28 лютого 2022 р.). Копенгаген, 2022. С. 868–876. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/issue/view/26-28.02.2022/720>.

12. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Вплив модифікованого поживного середовища на розвиток кореневої системи мікроклонів винограду. *Scientific Collection «InterConf», (101)* : with the Proceedings of the 11th Int. sci.-pract. conf. «Scientific Research in XXI Century». (Оттава, 6–8 березня 2022 р.). Оттава, 2022. С. 330–338. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/18816>.

13. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Способи адаптації мікроклонів винограду. *Modern research in world science* : The 2nd Int. sci.-pract. conf. (Львів, 15–17 травня 2022 р.). Львів, 2022. С. 39–43. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2022/05/MODERN-RESEARCH-IN-WORLD-SCIENCE-15-17.05.22.pdf>.

14. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Удосконалення окремих технологічних етапів розмноження винограду *in vitro*. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали X Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (Центральне, 29 квітня 2022 р.). Київ, 2022. С. 95. URL: <http://confer.uiesr.sops.gov.ua/miron2022/paper/viewFile/26209/14883>.

15. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Спосіб підвищення приживлюваності мікроклонів винограду в умовах *in vivo*. *Сучасні проблеми біології в умовах змін клімату* : матеріали Всеукр. наук. інтернет-конф. (Умань, 22 червня 2022 р.). Умань, 2022. С. 26–29. URL: <https://biology.udau.edu.ua/assets/files/praci/zbirnik-konferencii-22.06.2022.pdf>.

16. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Спосіб підвищення приживлюваності ініціальних експлантів та мікроклонів винограду. *Recent Advances in Scientific World* : Proceedings of the 2nd Int. sci.-pract. conf. (Монтрей, 6–8 серпня 2022 р.). Монтрей, 2022. С. 189–194. URL:

<https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/1088/1114>.

17. Зеленянська Н. М., Самофалов М. О. Розвиток вегетативної маси мікроклонів винограду на поживних середовищах та мінеральних субстратах. *Forecasts and prospects of scientific discoveries in agricultural sciences and food : conf. proceedings*. (Рига, 30–31 серпня 2022 р.). Рига, 2022. С. 26–29. URL: <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/252/7079/14745-1>.

18. Zelenianska N. M., Samofalov M. O. Development of the root system of grape microclones on mineral nutrient substrates. *Şuşa və ətraf ərazilərin biomüxtəlifliyi, torpaq və su ehtiyatları: gələcəyə baxış : beynəlxalq konfransın materialları*. (Şuşa, 22–24 sentyabr 2022-ci il). Bakı, 2022. Səh. 135–136. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Fakhraddin-Karimov/publication/376487142AZRBAYCANIN\\_QARABAG\\_V\\_SRQI\\_ZNGZUR\\_IQTISADI\\_RAYONLARINDA\\_YASIL\\_ENERGETIKANIN\\_INKISAFI\\_IMKANLARININ\\_QIYMTLNDIRILMSI/links/657aa831ea5f7f02056d5b43/AZRBAYCANI-N-QARABAG-V-SRQI-ZNGZUR-IQTISADI-RAYONLARINDA-YASIL-ENERGETIKANIN-INKISAFI-IMKANLARININ-QIYMTLNDIRILMSI.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fakhraddin-Karimov/publication/376487142AZRBAYCANIN_QARABAG_V_SRQI_ZNGZUR_IQTISADI_RAYONLARINDA_YASIL_ENERGETIKANIN_INKISAFI_IMKANLARININ_QIYMTLNDIRILMSI/links/657aa831ea5f7f02056d5b43/AZRBAYCANI-N-QARABAG-V-SRQI-ZNGZUR-IQTISADI-RAYONLARINDA-YASIL-ENERGETIKANIN-INKISAFI-IMKANLARININ-QIYMTLNDIRILMSI.pdf).

## Додаток В

**Склад та приготування поживного середовища Мурасіге–Скуга (MS)**

Поживне середовище MS готували відповідно до загальноприйнятого рецепту з використанням маточних розчинів макро- (50 мл/л дистильованої води) та мікросолей (100 мл/л дистильованої води),  $\text{CaCl}_2$  (10 мл/л дистильованої води), Fe-хелату (10 мл/л дистильованої води), вітамінів (10 мл/л дистильованої води) та регуляторів росту (ІОК – 0,3 мг/л чи 0,6 мг/л; 6-БАП – 0,2 мг/л чи 0,5 мг/л) [188].

*Макроелементи:*

- $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 16,5 г
- $\text{KNO}_3$  – 19,0 г
- $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 1,7 г
- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 3,7 г

*Мікроелементи:*

- $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – 0,241 г
- $\text{H}_3\text{BO}_3$  – 0,062 г
- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,086 г
- $\text{KI}$  – 0,0083 г
- $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 0,0025 г
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – 0,00025 г
- $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – 0,00025 г

*Розчин хлориду кальцію:*

Для приготування маточного розчину кальцію розчиняли 3,31 г  $\text{CaCl}_2$  у 100 мл дистильованої води.

*Розчин Fe-хелату:*

- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,278 г
- $\text{Na}_2\text{EDTA}$  – 0,373 г

Компоненти готувати окремо до повного розчинення. Кожний компонент готується на 50 мл дистильованої води. Злити два розчини в одну ємність на 100 мл. Помішувати до повного утворення хелатної форми заліза.

*Вітамінний комплекс (на 100 мл дистильованої води):*

- мезо-інозит – 1,0 г
- нікотинова кислота – 0,1 г
- тіамін – 0,1 г
- піридоксин – 0,1 г

*Фітогормони:*

Для регуляції ростових процесів використовували такі фітогормони:

- індол-3-оцтову кислоту (ІОК) – 0,1 г/10 мл
- 6-бензиламінопурин (6-БАП) – 0,1 г/10 мл

Фітогормони попередньо розчиняли у кількох краплях розчину КОН з подальшим доведенням до об'єму теплою дистильованою водою.

Додаток Г. 1

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 3 (дослід 1)

| Джерело варіації                   | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|------------------------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| <i>Приживлюваність in vitro, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                           | 188,032        | 3               | 62,677    | 389,437            | 2,699              | 0,00    | 7,81              |
| Фактор 2                           | 1634,181       | 1               | 1634,181  | 10 153,76          | 3,94               | 0,00    | 67,84             |
| Фактор 3                           | 245,358        | 5               | 49,072    | 304,9              | 2,309              | 0,00    | 10,19             |
| Фактор 1×Фактор 2                  | 21,452         | 3               | 7,151     | 44,429             | 2,699              | 0,00    | 0,89              |
| Фактор 1×Фактор 3                  | 92,734         | 15              | 6,182     | 38,413             | 1,771              | 0,00    | 3,85              |
| Фактор 2×Фактор 3                  | 181,993        | 5               | 36,399    | 226,158            | 2,309              | 0,00    | 7,56              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3         | 29,589         | 15              | 1,973     | 12,257             | 1,771              | 0,00    | 1,23              |
| Похибка                            | 15,451         | 96              | 0,161     |                    |                    |         | 0,64              |

Додаток Г. 2

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 3 (дослід 2)

| Джерело варіації                           | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|--|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| <i>Проліферація пазушних бруньок, %</i>    |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                                   | 322,450        | 3               | 107,483   | 634,311            | 2,911              | 0,00    | 5,64              |
| Фактор 2                                   | 4564,445       | 3               | 1521,482  | 8978,984           | 2,911              | 0,00    | 79,77             |
| Фактор 1×Фактор 2                          | 830,123        | 9               | 92,236    | 544,328            | 2,199              | 0,00    | 14,51             |
| Похибка                                    | 5,253          | 31              | 0,169     |                    |                    |         | 0,09              |
| <i>Ризогенез ініціальних експлантів, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                                   | 262,931        | 3               | 87,644    | 485,651            | 2,911              | 0,00    | 5,28              |
| Фактор 2                                   | 4313,878       | 3               | 1437,959  | 7968,026           | 2,911              | 0,00    | 86,60             |
| Фактор 1×Фактор 2                          | 399,188        | 9               | 44,354    | 245,776            | 2,199              | 0,00    | 8,01              |
| Похибка                                    | 5,594          | 31              | 0,180     |                    |                    |         | 0,11              |

Додаток Г. 3

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 3 (дослід 2)

| Джерело варіації                   | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|------------------------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| <i>Приживлюваність in vitro, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                           | 2380,241       | 3               | 793,414   | 4497,942           | 2,901              | 0,00    | 16,76             |
| Фактор 2                           | 10273,709      | 3               | 3424,570  | 19414,234          | 2,901              | 0,00    | 72,33             |
| Фактор 1×Фактор 2                  | 1543,989       | 9               | 171,554   | 972,559            | 2,189              | 0,00    | 10,87             |
| Похибка                            | 5,645          | 32              | 0,176     |                    |                    |         | 0,04              |

Додаток Г. 4

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 4 (дослід 1)

| Джерело варіації              | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|-------------------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1                             | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Висота рослин, см</i>      |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                      | 131,069        | 3               | 43,689    | 545,460            | 2,698              | 0,00    | 51,84             |
| Фактор 2                      | 16,408         | 1               | 16,408    | 204,863            | 3,939              | 0,00    | 6,49              |
| Фактор 3                      | 58,655         | 5               | 11,731    | 146,462            | 2,308              | 0,00    | 23,20             |
| Фактор 1×Фактор 2             | 1,542          | 3               | 0,514     | 6,417              | 2,698              | 0,00    | 0,61              |
| Фактор 1×Фактор 3             | 12,750         | 15              | 0,850     | 10,612             | 1,771              | 0,00    | 5,04              |
| Фактор 2×Фактор 3             | 14,135         | 5               | 2,827     | 35,296             | 2,308              | 0,00    | 5,59              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3    | 10,525         | 14              | 0,751     | 9,386              | 1,795              | 0,00    | 4,16              |
| Похибка                       | 7,769          | 97              | 0,080     |                    |                    |         | 3,07              |
| <i>Кількість листків, шт.</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                      | 68,394         | 3               | 22,798    | 281,495            | 2,698              | 0,00    | 69,72             |
| Фактор 2                      | 4,403          | 1               | 4,403     | 54,367             | 3,939              | 0,00    | 4,49              |
| Фактор 3                      | 4,750          | 5               | 0,950     | 11,731             | 2,308              | 0,00    | 4,84              |
| Фактор 1×Фактор 2             | 2,024          | 3               | 0,675     | 8,329              | 2,698              | 0,00    | 2,06              |
| Фактор 1×Фактор 3             | 5,372          | 15              | 0,358     | 4,422              | 1,771              | 0,00    | 5,48              |
| Фактор 2×Фактор 3             | 1,204          | 5               | 0,241     | 2,973              | 2,308              | 0,02    | 1,23              |

Продовження додатку Г. 4

| 1  | 2       | 3  | 4       | 5        | 6     | 7    | 8     |
|--|---------|----|---------|----------|-------|------|-------|
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                       | 4,101   | 14 | 0,293   | 3,617    | 1,795 | 0,00 | 4,18  |
| Похибка  | 68,394  | 3  | 22,798  | 281,495  | 2,698 | 0,00 | 69,72 |
| <i>Площа листка, см<sup>2</sup></i>              |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 4,088   | 3  | 1,363   | 17,684   | 2,698 | 0,00 | 12,80 |
| Фактор 2   | 2,454   | 1  | 2,454   | 31,848   | 3,939 | 0,00 | 7,68  |
| Фактор 3   | 15,892  | 5  | 3,178   | 41,244   | 2,308 | 0,00 | 49,74 |
| Фактор 1×Фактор 2                                | 0,044   | 3  | 0,015   | 0,190    | 2,698 | 0,90 | 0,14  |
| Фактор 1×Фактор 3                                | 0,766   | 15 | 0,051   | 0,663    | 1,771 | 0,81 | 2,40  |
| Фактор 2×Фактор 3                                | 0,679   | 5  | 0,136   | 1,761    | 2,308 | 0,13 | 2,12  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                       | 0,550   | 14 | 0,039   | 0,510    | 1,795 | 0,92 | 1,72  |
| Похибка  | 7,475   | 97 | 0,077   |          |       |      | 23,40 |
| <i>Площа листової поверхні, см<sup>2</sup>/м</i> |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 951,894 | 3  | 317,298 | 3791,470 | 2,698 | 0,00 | 45,78 |
| Фактор 2   | 171,784 | 1  | 171,784 | 2052,692 | 3,939 | 0,00 | 8,26  |
| Фактор 3   | 743,962 | 5  | 148,792 | 1777,957 | 2,308 | 0,00 | 35,78 |
| Фактор 1×Фактор 2                                | 38,464  | 3  | 12,821  | 153,204  | 2,698 | 0,00 | 1,85  |
| Фактор 1×Фактор 3                                | 63,042  | 15 | 4,203   | 50,220   | 1,771 | 0,00 | 3,03  |
| Фактор 2×Фактор 3                                | 32,365  | 5  | 6,473   | 77,346   | 2,308 | 0,00 | 1,56  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                       | 69,659  | 14 | 4,976   | 59,455   | 1,795 | 0,00 | 3,35  |
| Похибка  | 8,118   | 97 | 0,084   |          |       |      | 0,39  |
| <i>Облистяність, дм<sup>2</sup>/м</i>            |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 0,422   | 3  | 0,141   | 1,844    | 2,698 | 0,14 | 1,54  |
| Фактор 2   | 0,115   | 1  | 0,115   | 1,511    | 3,939 | 0,22 | 0,42  |

Продовження додатку Г. 4

| 1                                       | 2        | 3  | 4        | 5         | 6     | 7    | 8     |
|---|----------|----|----------|-----------|-------|------|-------|
| Фактор 3                                | 17,228   | 5  | 3,446    | 45,161    | 2,308 | 0,00 | 62,90 |
| Фактор 1×Фактор 2                       | 0,201    | 3  | 0,067    | 0,877     | 2,698 | 0,46 | 0,73  |
| Фактор 1×Фактор 3                       | 1,308    | 15 | 0,087    | 1,143     | 1,771 | 0,33 | 4,78  |
| Фактор 2×Фактор 3                       | 0,248    | 5  | 0,050    | 0,651     | 2,308 | 0,66 | 0,91  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3              | 0,465    | 14 | 0,033    | 0,435     | 1,795 | 0,96 | 1,70  |
| Похибка                                 | 7,401    | 97 | 0,076    |           |       |      | 27,02 |
| <i>Загальна кількість коренів, шт.</i>  |          |    |          |           |       |      |       |
| Фактор 1                                | 495,111  | 3  | 165,037  | 1637,679  | 2,698 | 0,00 | 7,45  |
| Фактор 2                                | 173,783  | 1  | 173,783  | 1724,463  | 3,939 | 0,00 | 2,61  |
| Фактор 3                                | 5549,145 | 5  | 1109,829 | 11012,937 | 2,308 | 0,00 | 83,45 |
| Фактор 1×Фактор 2                       | 9,834    | 3  | 3,278    | 32,527    | 2,698 | 0,00 | 0,15  |
| Фактор 1×Фактор 3                       | 52,608   | 15 | 3,507    | 34,802    | 1,771 | 0,00 | 0,79  |
| Фактор 2×Фактор 3                       | 316,422  | 5  | 63,284   | 627,977   | 2,308 | 0,00 | 4,76  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3              | 42,735   | 14 | 3,052    | 30,290    | 1,795 | 0,00 | 0,64  |
| Похибка                                 | 9,775    | 97 | 0,101    |           |       |      | 0,15  |
| <i>Кількість коренів I порядку, шт.</i> |          |    |          |           |       |      |       |
| Фактор 1                                | 49,111   | 3  | 16,370   | 221,191   | 2,698 | 0,00 | 13,27 |
| Фактор 2                                | 32,945   | 1  | 32,945   | 445,142   | 3,939 | 0,00 | 8,90  |
| Фактор 3                                | 197,687  | 5  | 39,537   | 534,218   | 2,308 | 0,00 | 53,43 |
| Фактор 1×Фактор 2                       | 6,776    | 3  | 2,259    | 30,520    | 2,698 | 0,00 | 1,83  |
| Фактор 1×Фактор 3                       | 17,850   | 15 | 1,190    | 16,079    | 1,771 | 0,00 | 4,82  |
| Фактор 2×Фактор 3                       | 42,583   | 5  | 8,517    | 115,074   | 2,308 | 0,00 | 11,51 |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3              | 15,859   | 14 | 1,133    | 15,306    | 1,795 | 0,00 | 4,29  |

Продовження додатку Г. 4

| 1  | 2         | 3  | 4        | 5        | 6     | 7    | 8     |
|--|-----------|----|----------|----------|-------|------|-------|
| Похибка                                  | 7,179     | 97 | 0,074    |          |       |      | 1,94  |
| <i>Кількість коренів II порядку, шт.</i> |           |    |          |          |       |      |       |
| Фактор 1                                 | 237,073   | 3  | 79,024   | 816,932  | 2,698 | 0,00 | 5,52  |
| Фактор 2                                 | 55,397    | 1  | 55,397   | 572,677  | 3,939 | 0,00 | 1,29  |
| Фактор 3                                 | 3688,233  | 5  | 737,647  | 7625,592 | 2,308 | 0,00 | 85,81 |
| Фактор 1×Фактор 2                        | 1,154     | 3  | 0,385    | 3,977    | 2,698 | 0,01 | 0,03  |
| Фактор 1×Фактор 3                        | 61,587    | 15 | 4,106    | 42,445   | 1,771 | 0,00 | 1,43  |
| Фактор 2×Фактор 3                        | 222,103   | 5  | 44,421   | 459,208  | 2,308 | 0,00 | 5,17  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3               | 23,418    | 14 | 1,673    | 17,292   | 1,795 | 0,00 | 0,54  |
| Похибка                                  | 9,383     | 97 | 0,097    |          |       |      | 0,22  |
| <i>Довжина коренів I порядку, см</i>     |           |    |          |          |       |      |       |
| Фактор 1                                 | 2451,432  | 3  | 817,144  | 2872,858 | 2,698 | 0,00 | 15,96 |
| Фактор 2                                 | 169,101   | 1  | 169,101  | 594,514  | 3,939 | 0,00 | 1,10  |
| Фактор 3                                 | 11759,115 | 5  | 2351,823 | 8268,378 | 2,308 | 0,00 | 76,54 |
| Фактор 1×Фактор 2                        | 11,283    | 3  | 3,761    | 13,223   | 2,698 | 0,00 | 0,07  |
| Фактор 1×Фактор 3                        | 642,727   | 15 | 42,848   | 150,644  | 1,771 | 0,00 | 4,18  |
| Фактор 2×Фактор 3                        | 147,767   | 5  | 29,553   | 103,902  | 2,308 | 0,00 | 0,96  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3               | 154,445   | 14 | 11,032   | 38,785   | 1,795 | 0,00 | 1,01  |
| Похибка                                  | 27,590    | 97 | 0,284    |          |       |      | 0,18  |
| <i>Довжина коренів II порядку, см</i>    |           |    |          |          |       |      |       |
| Фактор 1                                 | 412,674   | 3  | 137,558  | 578,170  | 2,698 | 0,00 | 6,48  |
| Фактор 2                                 | 163,919   | 1  | 163,919  | 688,970  | 3,939 | 0,00 | 2,57  |
| Фактор 3                                 | 5098,633  | 5  | 1019,727 | 4286,018 | 2,308 | 0,00 | 80,04 |

Продовження додатку Г. 4

| 1                                      | 2       | 3  | 4       | 5        | 6     | 7    | 8     |
|--|---------|----|---------|----------|-------|------|-------|
| Фактор 1×Фактор 2                      | 5,800   | 3  | 1,933   | 8,126    | 2,698 | 0,00 | 0,09  |
| Фактор 1×Фактор 3                      | 456,340 | 15 | 30,423  | 127,870  | 1,771 | 0,00 | 7,16  |
| Фактор 2×Фактор 3                      | 69,367  | 5  | 13,873  | 58,311   | 2,308 | 0,00 | 1,09  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3             | 140,114 | 14 | 10,008  | 42,065   | 1,795 | 0,00 | 2,20  |
| Похибка                                | 23,078  | 97 | 0,238   |          |       |      | 0,36  |
| <i>Довжина I кореня I порядку, см</i>  |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1                               | 6,184   | 3  | 2,061   | 24,235   | 2,698 | 0,00 | 0,89  |
| Фактор 2                               | 0,914   | 1  | 0,914   | 10,739   | 3,939 | 0,00 | 0,13  |
| Фактор 3                               | 609,801 | 5  | 121,960 | 1433,779 | 2,308 | 0,00 | 87,58 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 4,758   | 3  | 1,586   | 18,645   | 2,698 | 0,00 | 0,68  |
| Фактор 1×Фактор 3                      | 17,471  | 15 | 1,165   | 13,693   | 1,771 | 0,00 | 2,51  |
| Фактор 2×Фактор 3                      | 31,087  | 5  | 6,217   | 73,092   | 2,308 | 0,00 | 4,46  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3             | 17,811  | 14 | 1,272   | 14,957   | 1,795 | 0,00 | 2,56  |
| Похибка                                | 8,251   | 97 | 0,085   |          |       |      | 1,19  |
| <i>Довжина I кореня II порядку, см</i> |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1                               | 0,196   | 3  | 0,065   | 0,865    | 2,698 | 0,46 | 0,28  |
| Фактор 2                               | 0,003   | 1  | 0,003   | 0,034    | 3,939 | 0,85 | 0,00  |
| Фактор 3                               | 58,100  | 5  | 11,620  | 154,110  | 2,308 | 0,00 | 83,30 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 0,037   | 3  | 0,012   | 0,165    | 2,698 | 0,92 | 0,05  |
| Фактор 1×Фактор 3                      | 2,688   | 15 | 0,179   | 2,377    | 1,771 | 0,01 | 3,85  |
| Фактор 2×Фактор 3                      | 0,827   | 5  | 0,165   | 2,194    | 2,308 | 0,06 | 1,19  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3             | 0,583   | 14 | 0,042   | 0,552    | 1,795 | 0,89 | 0,84  |
| Похибка                                | 7,314   | 97 | 0,075   |          |       |      | 10,49 |

Додаток Г. 5

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 4 (дослід 2)

| Джерело варіації                    | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|-------------------------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1                                   | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Висота рослин, см</i>            |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                            | 9,198          | 3               | 3,066     | 57,559             | 2,911              | 0,00    | 2,44              |
| Фактор 2                            | 351,705        | 3               | 117,235   | 2200,941           | 2,911              | 0,00    | 93,15             |
| Фактор 1×Фактор 2                   | 15,013         | 9               | 1,668     | 31,317             | 2,199              | 0,00    | 3,98              |
| Похибка                             | 1,651          | 31              | 0,053     |                    |                    |         | 0,44              |
| <i>Кількість листків, шт.</i>       |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                            | 14,165         | 3               | 4,722     | 112,100            | 2,911              | 0,00    | 35,12             |
| Фактор 2                            | 20,715         | 3               | 6,905     | 163,930            | 2,911              | 0,00    | 51,36             |
| Фактор 1×Фактор 2                   | 4,146          | 9               | 0,461     | 10,935             | 2,199              | 0,00    | 10,28             |
| Похибка                             | 1,306          | 31              | 0,042     |                    |                    |         | 3,24              |
| <i>Площа листка, см<sup>2</sup></i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                            | 0,085          | 3               | 0,028     | 1,258              | 2,911              | 0,31    | 1,22              |
| Фактор 2                            | 4,765          | 3               | 1,588     | 70,899             | 2,911              | 0,00    | 68,85             |
| Фактор 1×Фактор 2                   | 1,377          | 9               | 0,153     | 6,830              | 2,199              | 0,00    | 19,90             |
| Похибка                             | 0,694          | 31              | 0,022     |                    |                    |         | 10,03             |

| 1   | 2       | 3  | 4       | 5        | 6     | 7    | 8     |
|---|---------|----|---------|----------|-------|------|-------|
| <i>Площа листкової поверхні, см<sup>2</sup>/м</i> |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1  | 35,173  | 3  | 11,724  | 329,692  | 2,911 | 0,00 | 5,08  |
| Фактор 2  | 525,802 | 3  | 175,267 | 4928,613 | 2,911 | 0,00 | 76,00 |
| Фактор 1×Фактор 2                                 | 129,731 | 9  | 14,415  | 405,345  | 2,199 | 0,00 | 18,75 |
| Похибка   | 1,102   | 31 | 0,036   |          |       |      | 0,16  |
| <i>Облистяність, дм<sup>2</sup>/м</i>             |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1  | 1,103   | 3  | 0,368   | 18,395   | 2,911 | 0,00 | 7,43  |
| Фактор 2  | 11,070  | 3  | 3,690   | 184,553  | 2,911 | 0,00 | 74,54 |
| Фактор 1×Фактор 2                                 | 2,059   | 9  | 0,229   | 11,441   | 2,199 | 0,00 | 13,86 |
| Похибка   | 0,620   | 31 | 0,020   |          |       |      | 4,17  |
| <i>Загальна кількість коренів, шт.</i>            |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1  | 167,828 | 3  | 55,943  | 408,674  | 2,911 | 0,00 | 12,34 |
| Фактор 2  | 739,992 | 3  | 246,664 | 1801,943 | 2,911 | 0,00 | 54,41 |
| Фактор 1×Фактор 2                                 | 447,887 | 9  | 49,765  | 363,547  | 2,199 | 0,00 | 32,93 |
| Похибка   | 4,244   | 31 | 0,137   |          |       |      | 0,31  |
| <i>Кількість коренів I порядку, шт.</i>           |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1  | 100,136 | 3  | 33,379  | 516,062  | 2,911 | 0,00 | 11,75 |
| Фактор 2  | 520,393 | 3  | 173,464 | 2681,902 | 2,911 | 0,00 | 61,06 |
| Фактор 1×Фактор 2                                 | 229,762 | 9  | 25,529  | 394,701  | 2,199 | 0,00 | 26,96 |
| Похибка   | 2,005   | 31 | 0,065   |          |       |      | 0,24  |
| <i>Кількість коренів II порядку, шт.</i>          |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1  | 43,381  | 3  | 14,460  | 202,158  | 2,911 | 0,00 | 13,40 |
| Фактор 2  | 173,381 | 3  | 57,794  | 807,959  | 2,911 | 0,00 | 53,55 |
| Фактор 1×Фактор 2                                 | 104,790 | 9  | 11,643  | 162,774  | 2,199 | 0,00 | 32,37 |

## Продовження додатку Г. 5

| 1   | 2         | 3  | 4        | 5         | 6     | 7    | 8     |
|---|-----------|----|----------|-----------|-------|------|-------|
| Похибка                                     | 2,217     | 31 | 0,072    |           |       |      | 0,68  |
| <i>Довжина коренів I порядку, см</i>        |           |    |          |           |       |      |       |
| Фактор 1                                    | 40,192    | 3  | 13,397   | 89,993    | 2,911 | 0,00 | 0,33  |
| Фактор 2                                    | 11788,711 | 3  | 3929,570 | 26395,823 | 2,911 | 0,00 | 97,33 |
| Фактор 1×Фактор 2                           | 278,699   | 9  | 30,967   | 208,010   | 2,199 | 0,00 | 2,30  |
| Похибка                                     | 4,615     | 31 | 0,149    |           |       |      | 0,04  |
| <i>Довжина коренів II порядку, см</i>       |           |    |          |           |       |      |       |
| Фактор 1                                    | 1963,309  | 3  | 654,436  | 6184,983  | 2,911 | 0,00 | 21,61 |
| Фактор 2                                    | 6592,307  | 3  | 2197,436 | 20767,647 | 2,911 | 0,00 | 72,55 |
| Фактор 1×Фактор 2                           | 527,694   | 9  | 58,633   | 554,129   | 2,199 | 0,00 | 5,81  |
| Похибка                                     | 3,280     | 31 | 0,106    |           |       |      | 0,04  |
| <i>Довжина одного кореня I порядку, см</i>  |           |    |          |           |       |      |       |
| Фактор 1                                    | 1,844     | 3  | 0,615    | 18,503    | 2,911 | 0,00 | 0,89  |
| Фактор 2                                    | 92,177    | 3  | 30,726   | 924,722   | 2,911 | 0,00 | 44,47 |
| Фактор 1×Фактор 2                           | 112,217   | 9  | 12,469   | 375,257   | 2,199 | 0,00 | 54,14 |
| Похибка                                     | 1,030     | 31 | 0,033    |           |       |      | 0,50  |
| <i>Довжина одного кореня II порядку, см</i> |           |    |          |           |       |      |       |
| Фактор 1                                    | 1,442     | 3  | 0,481    | 20,565    | 2,911 | 0,00 | 5,88  |
| Фактор 2                                    | 20,213    | 3  | 6,738    | 288,325   | 2,911 | 0,00 | 82,40 |
| Фактор 1×Фактор 2                           | 2,150     | 9  | 0,239    | 10,222    | 2,199 | 0,00 | 8,76  |
| Похибка                                     | 0,724     | 31 | 0,023    |           |       |      | 2,95  |

Додаток Г. 6

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 5 (дослід 1)

| Джерело варіації                      | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---------------------------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1                                     | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Вміст води, %</i>                  |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                              | 53,416         | 3               | 17,805    | 108,676            | 2,698              | 0,00    | 4,09              |
| Фактор 2                              | 43,851         | 1               | 43,851    | 267,649            | 3,939              | 0,00    | 3,36              |
| Фактор 3                              | 1149,119       | 5               | 229,824   | 1402,742           | 2,308              | 0,00    | 88,08             |
| Фактор 1×Фактор 2                     | 0,491          | 3               | 0,164     | 0,999              | 2,698              | 0,40    | 0,04              |
| Фактор 1×Фактор 3                     | 36,181         | 15              | 2,412     | 14,722             | 1,771              | 0,00    | 2,77              |
| Фактор 2×Фактор 3                     | 4,462          | 5               | 0,892     | 5,446              | 2,308              | 0,00    | 0,34              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3            | 1,252          | 14              | 0,089     | 0,546              | 1,795              | 0,90    | 0,10              |
| Похибка                               | 15,892         | 97              | 0,164     |                    |                    |         | 1,22              |
| <i>Вміст легкоутримуваної води, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                              | 489,341        | 3               | 163,114   | 1670,719           | 2,698              | 0,00    | 45,43             |
| Фактор 2                              | 3,347          | 1               | 3,347     | 34,287             | 3,939              | 0,00    | 0,31              |
| Фактор 3                              | 538,649        | 5               | 107,730   | 1103,441           | 2,308              | 0,00    | 50,01             |
| Фактор 1×Фактор 2                     | 0,764          | 3               | 0,255     | 2,607              | 2,698              | 0,06    | 0,07              |
| Фактор 1×Фактор 3                     | 19,055         | 15              | 1,270     | 13,012             | 1,771              | 0,00    | 1,77              |

Продовження додатку Г. 6

| 1                                    | 2     | 3  | 4     | 5      | 6     | 7    | 8     |
|--------------------------------------|-------|----|-------|--------|-------|------|-------|
| Фактор 2×Фактор 3                    | 9,042 | 5  | 1,808 | 18,524 | 2,308 | 0,00 | 0,84  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3           | 7,345 | 14 | 0,525 | 5,374  | 1,795 | 0,00 | 0,68  |
| Похибка                              | 9,470 | 97 | 0,098 |        |       |      | 0,88  |
| <i>Водоутримувальна здатність, г</i> |       |    |       |        |       |      |       |
| Фактор 1                             | 0,000 | 3  | 0,000 | 1,555  | 2,698 | 0,21 | 3,64  |
| Фактор 2                             | 0,000 | 1  | 0,000 | 7,394  | 3,939 | 0,01 | 5,77  |
| Фактор 3                             | 0,000 | 5  | 0,000 | 2,416  | 2,308 | 0,04 | 9,43  |
| Фактор 1×Фактор 2                    | 0,000 | 3  | 0,000 | 0,146  | 2,698 | 0,93 | 0,34  |
| Фактор 1×Фактор 3                    | 0,000 | 15 | 0,000 | 0,213  | 1,771 | 1,00 | 2,49  |
| Фактор 2×Фактор 3                    | 0,000 | 5  | 0,000 | 0,170  | 2,308 | 0,97 | 0,66  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3           | 0,000 | 14 | 0,000 | 0,178  | 1,795 | 1,00 | 1,95  |
| Похибка                              | 0,001 | 97 | 0,000 |        |       |      | 75,71 |
| <i>Через 10 хв</i>                   |       |    |       |        |       |      |       |
| Фактор 1                             | 0,000 | 3  | 0,000 | 11,646 | 2,698 | 0,00 | 16,51 |
| Фактор 2                             | 0,000 | 1  | 0,000 | 15,958 | 3,939 | 0,00 | 7,54  |
| Фактор 3                             | 0,000 | 5  | 0,000 | 8,075  | 2,308 | 0,00 | 19,08 |
| Фактор 1×Фактор 2                    | 0,000 | 3  | 0,000 | 0,907  | 2,698 | 0,44 | 1,29  |
| Фактор 1×Фактор 3                    | 0,000 | 15 | 0,000 | 1,060  | 1,771 | 0,40 | 7,51  |
| Фактор 2×Фактор 3                    | 0,000 | 5  | 0,000 | 0,454  | 2,308 | 0,81 | 1,07  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3           | 0,000 | 14 | 0,000 | 0,174  | 1,795 | 1,00 | 1,15  |
| Похибка                              | 0,001 | 97 | 0,000 |        |       |      | 45,84 |
| <i>Через 15 хв</i>                   |       |    |       |        |       |      |       |
| Фактор 1                             | 0,001 | 3  | 0,000 | 15,290 | 2,698 | 0,00 | 14,04 |

Продовження додатку Г. 6

| 1                          | 2     | 3  | 4     | 5       | 6     | 7    | 8     |
|----------------------------|-------|----|-------|---------|-------|------|-------|
| Фактор 2                   | 0,001 | 1  | 0,001 | 47,801  | 3,939 | 0,00 | 14,63 |
| Фактор 3                   | 0,001 | 5  | 0,000 | 17,247  | 2,308 | 0,00 | 26,39 |
| Фактор 1×Фактор 2          | 0,000 | 3  | 0,000 | 1,149   | 2,698 | 0,33 | 1,05  |
| Фактор 1×Фактор 3          | 0,000 | 15 | 0,000 | 1,177   | 1,771 | 0,30 | 5,40  |
| Фактор 2×Фактор 3          | 0,000 | 5  | 0,000 | 3,930   | 2,308 | 0,00 | 6,01  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3 | 0,000 | 14 | 0,000 | 0,652   | 1,795 | 0,81 | 2,79  |
| Похибка                    | 0,001 | 97 | 0,000 |         |       |      | 29,68 |
| <i>Через 20 хв</i>         |       |    |       |         |       |      |       |
| Фактор 1                   | 0,004 | 3  | 0,001 | 129,287 | 2,698 | 0,00 | 27,00 |
| Фактор 2                   | 0,004 | 1  | 0,004 | 351,248 | 3,939 | 0,00 | 24,45 |
| Фактор 3                   | 0,004 | 5  | 0,001 | 79,785  | 2,308 | 0,00 | 27,77 |
| Фактор 1×Фактор 2          | 0,000 | 3  | 0,000 | 11,405  | 2,698 | 0,00 | 2,38  |
| Фактор 1×Фактор 3          | 0,001 | 15 | 0,000 | 6,225   | 1,771 | 0,00 | 6,50  |
| Фактор 2×Фактор 3          | 0,000 | 5  | 0,000 | 6,100   | 2,308 | 0,00 | 2,12  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3 | 0,000 | 14 | 0,000 | 3,116   | 1,795 | 0,00 | 3,04  |
| Похибка                    | 0,001 | 97 | 0,000 |         |       |      | 6,75  |
| <i>Через 30 хв</i>         |       |    |       |         |       |      |       |
| Фактор 1                   | 0,010 | 3  | 0,003 | 304,332 | 2,698 | 0,00 | 28,51 |
| Фактор 2                   | 0,007 | 1  | 0,007 | 604,608 | 3,939 | 0,00 | 18,88 |
| Фактор 3                   | 0,013 | 5  | 0,003 | 237,238 | 2,308 | 0,00 | 37,05 |
| Фактор 1×Фактор 2          | 0,000 | 3  | 0,000 | 10,294  | 2,698 | 0,00 | 0,96  |
| Фактор 1×Фактор 3          | 0,002 | 15 | 0,000 | 14,541  | 1,771 | 0,00 | 6,81  |
| Фактор 2×Фактор 3          | 0,001 | 5  | 0,000 | 9,661   | 2,308 | 0,00 | 1,51  |

| 1  | 2        | 3  | 4       | 5        | 6     | 7    | 8     |
|--|----------|----|---------|----------|-------|------|-------|
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                             | 0,001    | 14 | 0,000   | 7,412    | 1,795 | 0,00 | 3,24  |
| Похибка  | 0,001    | 97 | 0,000   |          |       |      | 3,03  |
| <i>Через 60 хв</i>                                     |          |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 0,028    | 3  | 0,009   | 723,479  | 2,698 | 0,00 | 28,98 |
| Фактор 2   | 0,013    | 1  | 0,013   | 1018,176 | 3,939 | 0,00 | 13,60 |
| Фактор 3   | 0,045    | 5  | 0,009   | 691,073  | 2,308 | 0,00 | 46,14 |
| Фактор 1×Фактор 2                                      | 0,001    | 3  | 0,000   | 24,780   | 2,698 | 0,00 | 0,99  |
| Фактор 1×Фактор 3                                      | 0,007    | 15 | 0,000   | 33,836   | 1,771 | 0,00 | 6,78  |
| Фактор 2×Фактор 3                                      | 0,001    | 5  | 0,000   | 13,599   | 2,308 | 0,00 | 0,91  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                             | 0,001    | 14 | 0,000   | 7,021    | 1,795 | 0,00 | 1,31  |
| Похибка  | 0,001    | 97 | 0,000   |          |       |      | 1,30  |
| <i>Вміст сухих речовин, %</i>                          |          |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 56,698   | 3  | 18,899  | 226,169  | 2,698 | 0,00 | 4,35  |
| Фактор 2   | 43,174   | 1  | 43,174  | 516,671  | 3,939 | 0,00 | 3,31  |
| Фактор 3   | 1155,189 | 5  | 231,038 | 2764,850 | 2,308 | 0,00 | 88,66 |
| Фактор 1×Фактор 2                                      | 0,572    | 3  | 0,191   | 2,280    | 2,698 | 0,08 | 0,04  |
| Фактор 1×Фактор 3                                      | 34,079   | 15 | 2,272   | 27,188   | 1,771 | 0,00 | 2,62  |
| Фактор 2×Фактор 3                                      | 4,128    | 5  | 0,826   | 9,879    | 2,308 | 0,00 | 0,32  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                             | 0,983    | 14 | 0,070   | 0,841    | 1,795 | 0,62 | 0,08  |
| Похибка  | 8,106    | 97 | 0,084   |          |       |      | 0,62  |
| <i>Інтенсивність транспірації, г/м<sup>2</sup>×год</i> |          |    |         |          |       |      |       |
| <i>Через 5 хв</i>                                      |          |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 4,428    | 3  | 1,476   | 18,797   | 2,698 | 0,00 | 12,53 |

Продовження додатку Г. 6

| 1                          | 2       | 3  | 4      | 5       | 6     | 7    | 8     |
|----------------------------|---------|----|--------|---------|-------|------|-------|
| Фактор 2                   | 0,850   | 1  | 0,850  | 10,823  | 3,939 | 0,00 | 2,41  |
| Фактор 3                   | 18,651  | 5  | 3,730  | 47,508  | 2,308 | 0,00 | 52,79 |
| Фактор 1×Фактор 2          | 0,137   | 3  | 0,046  | 0,581   | 2,698 | 0,63 | 0,39  |
| Фактор 1×Фактор 3          | 2,010   | 15 | 0,134  | 1,706   | 1,771 | 0,06 | 5,69  |
| Фактор 2×Фактор 3          | 0,648   | 5  | 0,130  | 1,649   | 2,308 | 0,15 | 1,83  |
|                            |         |    |        |         |       |      |       |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3 | 0,995   | 14 | 0,071  | 0,905   | 1,795 | 0,56 | 2,81  |
| Похибка                    | 7,616   | 97 | 0,079  |         |       |      | 21,56 |
| <i>Через 10 хв</i>         |         |    |        |         |       |      |       |
| Фактор 1                   | 63,721  | 3  | 21,240 | 74,870  | 2,698 | 0,00 | 19,93 |
| Фактор 2                   | 12,718  | 1  | 12,718 | 44,830  | 3,939 | 0,00 | 3,98  |
| Фактор 3                   | 162,831 | 5  | 32,566 | 114,793 | 2,308 | 0,00 | 50,93 |
| Фактор 1×Фактор 2          | 11,435  | 3  | 3,812  | 13,435  | 2,698 | 0,00 | 3,58  |
| Фактор 1×Фактор 3          | 29,152  | 15 | 1,943  | 6,850   | 1,771 | 0,00 | 9,12  |
| Фактор 2×Фактор 3          | 4,063   | 5  | 0,813  | 2,865   | 2,308 | 0,02 | 1,27  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3 | 8,259   | 14 | 0,590  | 2,080   | 1,795 | 0,02 | 2,58  |
| Похибка                    | 27,519  | 97 | 0,284  |         |       |      | 8,61  |

Додаток Г. 7

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 5 (дослід 1)

| Джерело варіації                                | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1   | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Вміст води у коренях, %</i>                  |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 189,049        | 3               | 63,016    | 372,010            | 2,698              | 0,00    | 27,29             |
| Фактор 2  | 6,788          | 1               | 6,788     | 40,075             | 3,939              | 0,00    | 0,98              |
| Фактор 3  | 393,848        | 5               | 78,770    | 465,007            | 2,308              | 0,00    | 56,86             |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 5,425          | 3               | 1,808     | 10,676             | 2,698              | 0,00    | 0,78              |
| Фактор 1×Фактор 3                               | 59,406         | 15              | 3,960     | 23,380             | 1,771              | 0,00    | 8,58              |
| Фактор 2×Фактор 3                               | 4,219          | 5               | 0,844     | 4,982              | 2,308              | 0,00    | 0,61              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                      | 17,534         | 14              | 1,252     | 7,393              | 1,795              | 0,00    | 2,53              |
| Похибка   | 16,431         | 97              | 0,169     |                    |                    |         | 2,37              |
| <i>Вміст легкоутримуваної води у коренях, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 23,194         | 3               | 7,731     | 61,493             | 2,698              | 0,00    | 0,73              |
| Фактор 2  | 309,631        | 1               | 309,631   | 2462,751           | 3,939              | 0,00    | 9,72              |
| Фактор 3  | 2775,195       | 5               | 555,039   | 4414,681           | 2,308              | 0,00    | 87,12             |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 2,308          | 3               | 0,769     | 6,119              | 2,698              | 0,00    | 0,07              |
| Фактор 1×Фактор 3                               | 20,144         | 15              | 1,343     | 10,681             | 1,771              | 0,00    | 0,63              |
| Фактор 2×Фактор 3                               | 32,426         | 5               | 6,485     | 51,581             | 2,308              | 0,00    | 1,02              |

Продовження додатку Г. 7

| 1                                       | 2       | 3  | 4      | 5       | 6     | 7    | 8     |
|---|---------|----|--------|---------|-------|------|-------|
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3              | 10,255  | 14 | 0,733  | 5,826   | 1,795 | 0,00 | 0,32  |
| Похибка                                 | 12,195  | 97 | 0,126  |         |       |      | 0,38  |
| <i>Вміст сухих речовин у коренях, %</i> |         |    |        |         |       |      |       |
| Фактор 1                                | 189,049 | 3  | 63,016 | 762,780 | 2,698 | 0,00 | 27,63 |
| Фактор 2                                | 6,788   | 1  | 6,788  | 82,170  | 3,939 | 0,00 | 0,99  |
| Фактор 3                                | 393,848 | 5  | 78,770 | 953,464 | 2,308 | 0,00 | 57,56 |
| Фактор 1×Фактор 2                       | 5,425   | 3  | 1,808  | 21,890  | 2,698 | 0,00 | 0,79  |
| Фактор 1×Фактор 3                       | 59,406  | 15 | 3,960  | 47,938  | 1,771 | 0,00 | 8,68  |
| Фактор 2×Фактор 3                       | 4,219   | 5  | 0,844  | 10,215  | 2,308 | 0,00 | 0,62  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3              | 17,534  | 14 | 1,252  | 15,160  | 1,795 | 0,00 | 2,56  |
| Похибка                                 | 8,014   | 97 | 0,083  |         |       |      | 1,17  |

Додаток Г. 8

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 5 (дослід 1)

| Джерело варіації                            | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1   | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Листки</i>                               |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| <i>Вміст хлорофілу а, мг/г вологої маси</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                                    | 7,036          | 3               | 2,345     | 35438,872          | 2,698              | 0,00    | 39,51             |
| Фактор 2                                    | 0,416          | 1               | 0,416     | 6291,855           | 3,939              | 0,00    | 2,34              |
| Фактор 3                                    | 7,396          | 5               | 1,479     | 22351,459          | 2,308              | 0,00    | 41,54             |
| Фактор 1×Фактор 2                           | 0,073          | 3               | 0,024     | 366,160            | 2,698              | 0,00    | 0,41              |
| Фактор 1×Фактор 3                           | 2,679          | 15              | 0,179     | 2698,443           | 1,771              | 0,00    | 15,04             |
| Фактор 2×Фактор 3                           | 0,055          | 5               | 0,011     | 167,078            | 2,308              | 0,00    | 0,31              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                  | 0,145          | 14              | 0,010     | 156,213            | 1,795              | 0,00    | 0,81              |
| Похибка                                     | 0,006          | 97              | 0,000     |                    |                    |         | 0,04              |
| <i>Вміст хлорофілу b, мг/г вологої маси</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                                    | 0,112          | 3               | 0,037     | 343,150            | 2,698              | 0,00    | 4,13              |
| Фактор 2                                    | 0,047          | 1               | 0,047     | 434,613            | 3,939              | 0,00    | 1,74              |
| Фактор 3                                    | 2,149          | 5               | 0,430     | 3943,284           | 2,308              | 0,00    | 79,11             |
| Фактор 1×Фактор 2                           | 0,011          | 3               | 0,004     | 32,324             | 2,698              | 0,00    | 0,39              |
| Фактор 1×Фактор 3                           | 0,369          | 15              | 0,025     | 225,733            | 1,771              | 0,00    | 13,59             |

| 1   | 2      | 3  | 4     | 5         | 6     | 7    | 8     |
|---|--------|----|-------|-----------|-------|------|-------|
| Фактор 2×Фактор 3                               | 0,002  | 5  | 0,000 | 4,241     | 2,308 | 0,00 | 0,09  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                      | 0,015  | 14 | 0,001 | 10,072    | 1,795 | 0,00 | 0,57  |
| Похибка   | 0,011  | 97 | 0,000 |           |       |      | 0,39  |
| <i>Сума хлорофілів а і b, мг/г вологої маси</i> |        |    |       |           |       |      |       |
| Фактор 1  | 8,370  | 3  | 2,790 | 9055,994  | 2,698 | 0,00 | 25,95 |
| Фактор 2  | 0,790  | 1  | 0,790 | 2562,708  | 3,939 | 0,00 | 2,45  |
| Фактор 3  | 18,006 | 5  | 3,601 | 11688,589 | 2,308 | 0,00 | 55,81 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,073  | 3  | 0,024 | 78,486    | 2,698 | 0,00 | 0,22  |
| Фактор 1×Фактор 3                               | 4,636  | 15 | 0,309 | 1003,116  | 1,771 | 0,00 | 14,37 |
| Фактор 2×Фактор 3                               | 0,154  | 5  | 0,031 | 100,255   | 2,308 | 0,00 | 0,48  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                      | 0,202  | 14 | 0,014 | 46,879    | 1,795 | 0,00 | 0,63  |
| Похибка   | 0,030  | 97 | 0,000 |           |       |      | 0,09  |
| <i>Вміст каротиноїдів, мг/г вологої маси</i>    |        |    |       |           |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,200  | 3  | 0,067 | 1370,596  | 2,698 | 0,00 | 13,60 |
| Фактор 2  | 0,036  | 1  | 0,036 | 734,698   | 3,939 | 0,00 | 2,43  |
| Фактор 3  | 1,045  | 5  | 0,209 | 4292,103  | 2,308 | 0,00 | 71,00 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,003  | 3  | 0,001 | 17,278    | 2,698 | 0,00 | 0,17  |
| Фактор 1×Фактор 3                               | 0,146  | 15 | 0,010 | 200,341   | 1,771 | 0,00 | 9,94  |
| Фактор 2×Фактор 3                               | 0,012  | 5  | 0,002 | 50,974    | 2,308 | 0,00 | 0,84  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                      | 0,025  | 14 | 0,002 | 36,560    | 1,795 | 0,00 | 1,69  |
| Похибка   | 0,005  | 97 | 0,000 |           |       |      | 0,32  |
| <i>Пагони</i>                                   |        |    |       |           |       |      |       |
| <i>Вміст хлорофілу а, мг/г вологої маси</i>     |        |    |       |           |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,032  | 3  | 0,011 | 171,333   | 2,698 | 0,00 | 21,07 |

| 1   | 2     | 3  | 4     | 5        | 6     | 7    | 8     |
|---|-------|----|-------|----------|-------|------|-------|
| Фактор 2  | 0,038 | 1  | 0,038 | 611,401  | 3,939 | 0,00 | 25,07 |
| Фактор 3  | 0,050 | 5  | 0,010 | 161,766  | 2,308 | 0,00 | 33,16 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,004 | 3  | 0,001 | 19,947   | 2,698 | 0,00 | 2,45  |
| Фактор 1×Фактор 3                               | 0,016 | 15 | 0,001 | 17,274   | 1,771 | 0,00 | 10,62 |
| Фактор 2×Фактор 3                               | 0,003 | 5  | 0,001 | 9,565    | 2,308 | 0,00 | 1,96  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                      | 0,003 | 14 | 0,000 | 2,924    | 1,795 | 0,00 | 1,68  |
| Похибка   | 0,006 | 97 | 0,000 |          |       |      | 3,98  |
| <i>Вміст хлорофілу b, мг/г вологої маси</i>     |       |    |       |          |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,003 | 3  | 0,001 | 18,633   | 2,698 | 0,00 | 5,87  |
| Фактор 2  | 0,011 | 1  | 0,011 | 224,204  | 3,939 | 0,00 | 23,53 |
| Фактор 3  | 0,018 | 5  | 0,004 | 75,530   | 2,308 | 0,00 | 39,63 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,000 | 3  | 0,000 | 1,142    | 2,698 | 0,34 | 0,36  |
| Фактор 1×Фактор 3                               | 0,006 | 15 | 0,000 | 8,187    | 1,771 | 0,00 | 12,89 |
| Фактор 2×Фактор 3                               | 0,002 | 5  | 0,000 | 9,274    | 2,308 | 0,00 | 4,87  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                      | 0,001 | 14 | 0,000 | 1,831    | 1,795 | 0,04 | 2,69  |
| Похибка   | 0,005 | 97 | 0,000 |          |       |      | 10,18 |
| <i>Сума хлорофілів a і b, мг/г вологої маси</i> |       |    |       |          |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,076 | 3  | 0,025 | 360,313  | 2,698 | 0,00 | 22,92 |
| Фактор 2  | 0,120 | 1  | 0,120 | 1695,812 | 3,939 | 0,00 | 35,96 |
| Фактор 3  | 0,096 | 5  | 0,019 | 273,138  | 2,308 | 0,00 | 28,96 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,011 | 3  | 0,004 | 53,574   | 2,698 | 0,00 | 3,41  |
| Фактор 1×Фактор 3                               | 0,008 | 15 | 0,001 | 7,818    | 1,771 | 0,00 | 2,49  |
| Фактор 2×Фактор 3                               | 0,009 | 5  | 0,002 | 26,595   | 2,308 | 0,00 | 2,82  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                      | 0,005 | 14 | 0,000 | 4,631    | 1,795 | 0,00 | 1,37  |

Продовження додатку Г. 8

| 1  | 2     | 3  | 4     | 5       | 6     | 7    | 8     |
|--|-------|----|-------|---------|-------|------|-------|
| Похибка                                      | 0,007 | 97 | 0,000 |         |       |      | 2,06  |
| <i>Вміст каротиноїдів, мг/г вологої маси</i> |       |    |       |         |       |      |       |
| Фактор 1                                     | 0,007 | 3  | 0,002 | 47,084  | 2,698 | 0,00 | 19,16 |
| Фактор 2                                     | 0,006 | 1  | 0,006 | 124,986 | 3,939 | 0,00 | 16,95 |
| Фактор 3                                     | 0,014 | 5  | 0,003 | 54,209  | 2,308 | 0,00 | 36,76 |
| Фактор 1×Фактор 2                            | 0,000 | 3  | 0,000 | 0,559   | 2,698 | 0,64 | 0,23  |
| Фактор 1×Фактор 3                            | 0,004 | 15 | 0,000 | 4,714   | 1,771 | 0,00 | 9,59  |
| Фактор 2×Фактор 3                            | 0,001 | 5  | 0,000 | 3,662   | 2,308 | 0,00 | 2,48  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                   | 0,001 | 14 | 0,000 | 0,884   | 1,795 | 0,58 | 1,68  |
| Похибка                                      | 0,005 | 97 | 0,000 |         |       |      | 13,16 |

Додаток Г. 9

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 5 (дослід 2)

| Джерело варіації                      | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---------------------------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1                                     | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Вміст води, %</i>                  |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                              | 8,126          | 3               | 2,709     | 17,301             | 2,911              | 0,00    | 2,36              |
| Фактор 2                              | 315,455        | 3               | 105,152   | 671,620            | 2,911              | 0,00    | 91,70             |
| Фактор 1×Фактор 2                     | 15,579         | 9               | 1,731     | 11,056             | 2,199              | 0,00    | 4,53              |
| Похибка                               | 4,853          | 31              | 0,157     |                    |                    |         | 1,41              |
| <i>Вміст легкоутримуваної води, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                              | 253,187        | 3               | 84,396    | 902,230            | 2,911              | 0,00    | 43,61             |
| Фактор 2                              | 250,054        | 3               | 83,351    | 891,060            | 2,911              | 0,00    | 43,07             |
| Фактор 1×Фактор 2                     | 74,381         | 9               | 8,265     | 88,360             | 2,199              | 0,00    | 12,81             |
| Похибка                               | 2,993          | 31              | 0,094     |                    |                    |         | 0,52              |
| <i>Водоутримувальна здатність, г</i>  |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| <i>Через 5 хв</i>                     |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1                              | 250,302        | 3               | 83,434    | 870,721            | 2,911              | 0,00    | 44,28             |
| Фактор 2                              | 239,681        | 3               | 79,894    | 833,775            | 2,911              | 0,00    | 42,40             |
| Фактор 1×Фактор 2                     | 72,333         | 9               | 8,037     | 83,874             | 2,199              | 0,00    | 12,80             |
| Похибка                               | 2,970          | 31              | 0,096     |                    |                    |         | 0,53              |

| 1                  | 2     | 3  | 4     | 5       | 6     | 7    | 8     |
|--------------------|-------|----|-------|---------|-------|------|-------|
| <i>Через 10 хв</i> |       |    |       |         |       |      |       |
| Фактор 1           | 0,000 | 3  | 0,000 | 2,211   | 2,911 | 0,11 | 12,69 |
| Фактор 2           | 0,000 | 3  | 0,000 | 2,348   | 2,911 | 0,09 | 13,47 |
| Фактор 1×Фактор 2  | 0,000 | 9  | 0,000 | 0,845   | 2,199 | 0,58 | 14,55 |
| Похибка            | 0,000 | 31 | 0,000 |         |       |      | 59,29 |
| <i>Через 15 хв</i> |       |    |       |         |       |      |       |
| Фактор 1           | 0,000 | 3  | 0,000 | 4,022   | 2,911 | 0,02 | 11,54 |
| Фактор 2           | 0,000 | 3  | 0,000 | 17,348  | 2,911 | 0,00 | 49,76 |
| Фактор 1×Фактор 2  | 0,000 | 9  | 0,000 | 1,053   | 2,199 | 0,42 | 9,06  |
| Похибка            | 0,000 | 31 | 0,000 |         |       |      | 29,64 |
| <i>Через 20 хв</i> |       |    |       |         |       |      |       |
| Фактор 1           | 0,001 | 3  | 0,000 | 45,114  | 2,911 | 0,00 | 21,51 |
| Фактор 2           | 0,003 | 3  | 0,001 | 147,710 | 2,911 | 0,00 | 70,41 |
| Фактор 1×Фактор 2  | 0,000 | 9  | 0,000 | 2,206   | 2,199 | 0,05 | 3,16  |
| Похибка            | 0,000 | 31 | 0,000 |         |       |      | 4,93  |
| <i>Через 30 хв</i> |       |    |       |         |       |      |       |
| Фактор 1           | 0,002 | 3  | 0,001 | 61,106  | 2,911 | 0,00 | 19,78 |
| Фактор 2           | 0,006 | 3  | 0,002 | 230,341 | 2,911 | 0,00 | 74,54 |
| Фактор 1×Фактор 2  | 0,000 | 9  | 0,000 | 2,407   | 2,199 | 0,03 | 2,34  |
| Похибка            | 0,000 | 31 | 0,000 |         |       |      | 3,34  |
| <i>Через 60 хв</i> |       |    |       |         |       |      |       |
| Фактор 1           | 0,011 | 3  | 0,004 | 522,006 | 2,911 | 0,00 | 35,74 |
| Фактор 2           | 0,018 | 3  | 0,006 | 865,337 | 2,911 | 0,00 | 59,25 |
| Фактор 1×Фактор 2  | 0,001 | 9  | 0,000 | 20,915  | 2,199 | 0,00 | 4,30  |

Продовження додатку Г. 9

| 1  | 2       | 3  | 4       | 5        | 6     | 7    | 8     |
|--|---------|----|---------|----------|-------|------|-------|
| Похибка  | 0,000   | 31 | 0,000   |          |       |      | 0,71  |
| <i>Вміст сухих речовин, %</i>                          |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 9,808   | 3  | 3,269   | 53,211   | 2,911 | 0,00 | 2,90  |
| Фактор 2   | 310,645 | 3  | 103,548 | 1685,277 | 2,911 | 0,00 | 91,86 |
| Фактор 1×Фактор 2                                      | 15,808  | 9  | 1,756   | 28,587   | 2,199 | 0,00 | 4,67  |
| Похибка  | 1,905   | 31 | 0,061   |          |       |      | 0,56  |
| <i>Інтенсивність транспірації, г/м<sup>2</sup>×год</i> |         |    |         |          |       |      |       |
| <i>Через 5 хв</i>                                      |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 0,315   | 3  | 0,105   | 4,048    | 2,911 | 0,02 | 2,45  |
| Фактор 2   | 9,910   | 3  | 3,303   | 127,356  | 2,911 | 0,00 | 77,02 |
| Фактор 1×Фактор 2                                      | 1,838   | 9  | 0,204   | 7,875    | 2,199 | 0,00 | 14,29 |
| Похибка  | 0,804   | 31 | 0,026   |          |       |      | 6,25  |
| <i>Через 10 хв</i>                                     |         |    |         |          |       |      |       |
| Фактор 1   | 8,498   | 3  | 2,833   | 54,669   | 2,911 | 0,00 | 10,71 |
| Фактор 2   | 40,050  | 3  | 13,350  | 257,649  | 2,911 | 0,00 | 50,47 |
| Фактор 1×Фактор 2                                      | 29,197  | 9  | 3,244   | 62,609   | 2,199 | 0,00 | 36,79 |
| Похибка  | 1,606   | 31 | 0,052   |          |       |      | 2,02  |

Додаток Г. 10

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 5 (дослід 2)

| Джерело варіації                                | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| <i>Вміст води у коренях, %</i>                  |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 18,488         | 3               | 6,163     | 32,238             | 2,911              | 0,00    | 7,67              |
| Фактор 2  | 118,715        | 3               | 39,572    | 207,002            | 2,911              | 0,00    | 49,28             |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 97,787         | 9               | 10,865    | 56,836             | 2,199              | 0,00    | 40,59             |
| Похибка   | 5,926          | 31              | 0,191     |                    |                    |         | 2,46              |
| <i>Вміст легкоутримуваної води у коренях, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 725,207        | 3               | 241,736   | 1675,222           | 2,911              | 0,00    | 13,88             |
| Фактор 2  | 2997,456       | 3               | 999,152   | 6924,093           | 2,911              | 0,00    | 57,37             |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 1497,869       | 9               | 166,430   | 1153,354           | 2,199              | 0,00    | 28,67             |
| Похибка   | 4,473          | 31              | 0,144     |                    |                    |         | 0,09              |
| <i>Вміст сухих речовин у коренях, %</i>         |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 18,576         | 3               | 6,192     | 71,163             | 2,911              | 0,00    | 7,81              |
| Фактор 2  | 118,949        | 3               | 39,650    | 455,688            | 2,911              | 0,00    | 50,01             |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 97,637         | 9               | 10,849    | 124,681            | 2,199              | 0,00    | 41,05             |
| Похибка   | 2,697          | 31              | 0,087     |                    |                    |         | 1,13              |

Додаток Г. 11

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 5 (дослід 2)

| Джерело варіації                                | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1   | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Листки</i>                                   |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| <i>Вміст хлорофілу a, мг/г вологої маси</i>     |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 0,889          | 3               | 0,296     | 16806,408          | 2,911              | 0,00    | 29,38             |
| Фактор 2  | 1,713          | 3               | 0,571     | 32382,738          | 2,911              | 0,00    | 56,62             |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,423          | 9               | 0,047     | 2665,486           | 2,199              | 0,00    | 13,98             |
| Похибка   | 0,001          | 31              | 0,000     |                    |                    |         | 0,02              |
| <i>Вміст хлорофілу b, мг/г вологої маси</i>     |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 0,208          | 3               | 0,069     | 9155,848           | 2,911              | 0,00    | 53,22             |
| Фактор 2  | 0,113          | 3               | 0,038     | 4951,365           | 2,911              | 0,00    | 28,78             |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,070          | 9               | 0,008     | 1028,733           | 2,199              | 0,00    | 17,94             |
| Похибка   | 0,000          | 31              | 0,000     |                    |                    |         | 0,06              |
| <i>Сума хлорофілів a і b, мг/г вологої маси</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 1,921          | 3               | 0,640     | 22950,121          | 2,911              | 0,00    | 35,68             |
| Фактор 2  | 2,702          | 3               | 0,901     | 32277,180          | 2,911              | 0,00    | 50,19             |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,760          | 9               | 0,084     | 3025,415           | 2,199              | 0,00    | 14,11             |
| Похибка   | 0,001          | 31              | 0,000     |                    |                    |         | 0,02              |

| 1   | 2     | 3  | 4     | 5         | 6     | 7    | 8     |
|---|-------|----|-------|-----------|-------|------|-------|
| <i>Вміст каротиноїдів, мг/г вологої маси</i>    |       |    |       |           |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,096 | 3  | 0,032 | 5007,107  | 2,911 | 0,00 | 27,54 |
| Фактор 2  | 0,248 | 3  | 0,083 | 12955,475 | 2,911 | 0,00 | 71,26 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,004 | 9  | 0,000 | 69,559    | 2,199 | 0,00 | 1,15  |
| Похибка   | 0,000 | 31 | 0,000 |           |       |      | 0,06  |
| <i>Пагони</i>                                   |       |    |       |           |       |      |       |
| <i>Вміст хлорофілу а, мг/г вологої маси</i>     |       |    |       |           |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,015 | 3  | 0,005 | 605,467   | 2,911 | 0,00 | 32,36 |
| Фактор 2  | 0,028 | 3  | 0,009 | 1112,243  | 2,911 | 0,00 | 59,44 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,004 | 9  | 0,000 | 47,724    | 2,199 | 0,00 | 7,65  |
| Похибка   | 0,000 | 31 | 0,000 |           |       |      | 0,55  |
| <i>Вміст хлорофілу b, мг/г вологої маси</i>     |       |    |       |           |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,002 | 3  | 0,001 | 118,085   | 2,911 | 0,00 | 23,95 |
| Фактор 2  | 0,005 | 3  | 0,002 | 281,820   | 2,911 | 0,00 | 57,16 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,002 | 9  | 0,000 | 27,594    | 2,199 | 0,00 | 16,79 |
| Похибка   | 0,000 | 31 | 0,000 |           |       |      | 2,10  |
| <i>Сума хлорофілів а і b, мг/г вологої маси</i> |       |    |       |           |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,002 | 3  | 0,001 | 118,085   | 2,911 | 0,00 | 23,95 |
| Фактор 2  | 0,005 | 3  | 0,002 | 281,820   | 2,911 | 0,00 | 57,16 |
| Фактор 1×Фактор 2                               | 0,002 | 9  | 0,000 | 27,594    | 2,199 | 0,00 | 16,79 |
| Похибка   | 0,000 | 31 | 0,000 |           |       |      | 2,10  |
| <i>Вміст каротиноїдів, мг/г вологої маси</i>    |       |    |       |           |       |      |       |
| Фактор 1  | 0,009 | 3  | 0,003 | 391,441   | 2,911 | 0,00 | 80,68 |

Продовження додатку Г. 11

| 1                 | 2     | 3  | 4     | 5      | 6     | 7    | 8     |
|-------------------|-------|----|-------|--------|-------|------|-------|
| Фактор 2          | 0,001 | 3  | 0,000 | 65,059 | 2,911 | 0,00 | 13,41 |
| Фактор 1×Фактор 2 | 0,000 | 9  | 0,000 | 6,106  | 2,199 | 0,00 | 3,78  |
| Похибка           | 0,000 | 31 | 0,000 |        |       |      | 2,13  |

Додаток Г. 12

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 6 (дослід 1)

| Джерело варіації                                     | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія  | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|--|----------------|-----------------|------------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1  | 2              | 3               | 4          | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup>, шт.</i>   |                |                 |            |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1   | 1559,666       | 3               | 519,889    | 5473,861           | 2,698              | 0,00    | 28,63             |
| Фактор 2   | 68,944         | 1               | 68,944     | 725,900            | 3,939              | 0,00    | 1,27              |
| Фактор 3   | 3689,403       | 5               | 737,881    | 7769,077           | 2,308              | 0,00    | 67,73             |
| Фактор 1×Фактор 2                                    | 1,724          | 3               | 0,575      | 6,051              | 2,698              | 0,00    | 0,03              |
| Фактор 1×Фактор 3                                    | 109,363        | 15              | 7,291      | 76,765             | 1,771              | 0,00    | 2,01              |
| Фактор 2×Фактор 3                                    | 5,491          | 5               | 1,098      | 11,563             | 2,308              | 0,00    | 0,10              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                           | 3,291          | 14              | 0,235      | 2,475              | 1,795              | 0,00    | 0,06              |
| Похибка  | 9,213          | 97              | 0,095      |                    |                    |         | 0,17              |
| <i>Кількість продихів на листовій пластинці, шт.</i> |                |                 |            |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1   | 2910402,397    | 3               | 970134,132 | 68875,269          | 2,698              | 0,00    | 54,92             |
| Фактор 2   | 306850,770     | 1               | 306850,770 | 21785,059          | 3,939              | 0,00    | 5,79              |
| Фактор 3   | 1753989,595    | 5               | 350797,919 | 24905,114          | 2,308              | 0,00    | 33,10             |
| Фактор 1×Фактор 2                                    | 25864,006      | 3               | 8621,335   | 612,077            | 2,698              | 0,00    | 0,49              |
| Фактор 1×Фактор 3                                    | 208949,512     | 15              | 13929,967  | 988,967            | 1,771              | 0,00    | 3,94              |

Продовження додатку Г. 12

| 1                                     | 2         | 3  | 4        | 5        | 6     | 7    | 8     |
|---------------------------------------|-----------|----|----------|----------|-------|------|-------|
| Фактор 2×Фактор 3                     | 24347,866 | 5  | 4869,573 | 345,718  | 2,308 | 0,00 | 0,46  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3            | 67330,739 | 14 | 4809,338 | 341,442  | 1,795 | 0,00 | 1,27  |
| Похибка                               | 1366,282  | 97 | 14,085   |          |       |      | 0,03  |
| <i>Довжина продихів, мкм</i>          |           |    |          |          |       |      |       |
| Фактор 1                              | 96,760    | 3  | 32,253   | 381,610  | 2,698 | 0,00 | 20,12 |
| Фактор 2                              | 6,309     | 1  | 6,309    | 74,650   | 3,939 | 0,00 | 1,31  |
| Фактор 3                              | 340,757   | 5  | 68,151   | 806,341  | 2,308 | 0,00 | 70,87 |
| Фактор 1×Фактор 2                     | 0,316     | 3  | 0,105    | 1,246    | 2,698 | 0,30 | 0,07  |
| Фактор 1×Фактор 3                     | 22,400    | 15 | 1,493    | 17,669   | 1,771 | 0,00 | 4,66  |
| Фактор 2×Фактор 3                     | 4,549     | 5  | 0,910    | 10,763   | 2,308 | 0,00 | 0,95  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3            | 1,540     | 14 | 0,110    | 1,302    | 1,795 | 0,22 | 0,32  |
| Похибка                               | 8,198     | 97 | 0,085    |          |       |      | 1,71  |
| <i>Ширина продихів, мкм</i>           |           |    |          |          |       |      |       |
| Фактор 1                              | 77,638    | 3  | 25,879   | 314,386  | 2,698 | 0,00 | 12,90 |
| Фактор 2                              | 12,923    | 1  | 12,923   | 156,989  | 3,939 | 0,00 | 2,15  |
| Фактор 3                              | 459,652   | 5  | 91,930   | 1116,777 | 2,308 | 0,00 | 76,37 |
| Фактор 1×Фактор 2                     | 0,217     | 3  | 0,072    | 0,879    | 2,698 | 0,45 | 0,04  |
| Фактор 1×Фактор 3                     | 36,507    | 15 | 2,434    | 29,566   | 1,771 | 0,00 | 6,07  |
| Фактор 2×Фактор 3                     | 2,254     | 5  | 0,451    | 5,475    | 2,308 | 0,00 | 0,37  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3            | 4,660     | 14 | 0,333    | 4,044    | 1,795 | 0,00 | 0,77  |
| Похибка                               | 7,985     | 97 | 0,082    |          |       |      | 1,33  |
| <i>Ширина замикаючої клітини, мкм</i> |           |    |          |          |       |      |       |
| Фактор 1                              | 1,085     | 3  | 0,362    | 4,729    | 2,698 | 0,00 | 1,75  |
| Фактор 2                              | 0,379     | 1  | 0,379    | 4,953    | 3,939 | 0,03 | 0,61  |

Продовження додатку Г. 12

| 1                                      | 2       | 3  | 4      | 5       | 6     | 7    | 8     |
|--|---------|----|--------|---------|-------|------|-------|
| Фактор 3                               | 43,538  | 5  | 8,708  | 113,850 | 2,308 | 0,00 | 70,15 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 1,109   | 3  | 0,370  | 4,834   | 2,698 | 0,00 | 1,79  |
| Фактор 1×Фактор 3                      | 4,298   | 15 | 0,287  | 3,746   | 1,771 | 0,00 | 6,92  |
| Фактор 2×Фактор 3                      | 0,615   | 5  | 0,123  | 1,607   | 2,308 | 0,17 | 0,99  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3             | 3,621   | 14 | 0,259  | 3,382   | 1,795 | 0,00 | 5,83  |
| Похибка                                | 7,419   | 97 | 0,076  |         |       |      | 11,95 |
| <i>Ширина продихової щілини, мкм</i>   |         |    |        |         |       |      |       |
| Фактор 1                               | 2,940   | 3  | 0,980  | 12,313  | 2,698 | 0,00 | 0,78  |
| Фактор 2                               | 4,671   | 1  | 4,671  | 58,683  | 3,939 | 0,00 | 1,23  |
| Фактор 3                               | 336,981 | 5  | 67,396 | 846,676 | 2,308 | 0,00 | 88,86 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 4,694   | 3  | 1,565  | 19,656  | 2,698 | 0,00 | 1,24  |
| Фактор 1×Фактор 3                      | 8,580   | 15 | 0,572  | 7,186   | 1,771 | 0,00 | 2,26  |
| Фактор 2×Фактор 3                      | 7,896   | 5  | 1,579  | 19,839  | 2,308 | 0,00 | 2,08  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3             | 5,738   | 14 | 0,410  | 5,149   | 1,795 | 0,00 | 1,51  |
| Похибка                                | 7,721   | 97 | 0,080  |         |       |      | 2,04  |
| <i>Площа продихів, мкм<sup>2</sup></i> |         |    |        |         |       |      |       |
| Фактор 1                               | 2,940   | 3  | 0,980  | 12,313  | 2,698 | 0,00 | 0,78  |
| Фактор 2                               | 4,671   | 1  | 4,671  | 58,683  | 3,939 | 0,00 | 1,23  |
| Фактор 3                               | 336,981 | 5  | 67,396 | 846,676 | 2,308 | 0,00 | 88,86 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 4,694   | 3  | 1,565  | 19,656  | 2,698 | 0,00 | 1,24  |
| Фактор 1×Фактор 3                      | 8,580   | 15 | 0,572  | 7,186   | 1,771 | 0,00 | 2,26  |
| Фактор 2×Фактор 3                      | 7,896   | 5  | 1,579  | 19,839  | 2,308 | 0,00 | 2,08  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3             | 5,738   | 14 | 0,410  | 5,149   | 1,795 | 0,00 | 1,51  |
| Похибка                                | 7,721   | 97 | 0,080  |         |       |      | 2,04  |

Додаток Г. 13

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 6 (дослід 2)

| Джерело варіації                                      | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія  | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---|----------------|-----------------|------------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1   | 2              | 3               | 4          | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup>, шт.</i>    |                |                 |            |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 1015,257       | 3               | 338,419    | 5228,972           | 2,911              | 0,00    | 38,95             |
| Фактор 2  | 1455,062       | 3               | 485,021    | 7494,136           | 2,911              | 0,00    | 55,83             |
| Фактор 1×Фактор 2                                     | 134,089        | 9               | 14,899     | 230,203            | 2,199              | 0,00    | 5,14              |
| Похибка   | 2,006          | 31              | 0,065      |                    |                    |         | 0,08              |
| <i>Кількість продихів на листковій пластинці, шт.</i> |                |                 |            |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 73466,758      | 3               | 24488,919  | 4037,789           | 2,911              | 0,00    | 7,49              |
| Фактор 2  | 485068,65<br>2 | 3               | 161689,551 | 26659,740          | 2,911              | 0,00    | 49,48             |
| Фактор 1×Фактор 2                                     | 421623,56<br>3 | 9               | 46847,063  | 7724,250           | 2,199              | 0,00    | 43,01             |
| Похибка   | 188,013        | 31              | 6,065      |                    |                    |         | 0,02              |
| <i>Довжина продихів, мкм</i>                          |                |                 |            |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 3,061          | 3               | 1,020      | 8,188              | 2,911              | 0,00    | 5,47              |
| Фактор 2  | 35,998         | 3               | 11,999     | 96,309             | 2,911              | 0,00    | 64,37             |
| Фактор 1×Фактор 2                                     | 13,002         | 9               | 1,445      | 11,595             | 2,199              | 0,00    | 23,25             |
| Похибка   | 3,862          | 31              | 0,125      |                    |                    |         | 6,91              |

| 1                                      | 2         | 3  | 4         | 5        | 6     | 7    | 8     |
|--|-----------|----|-----------|----------|-------|------|-------|
| <i>Ширина продихів, мкм</i>            |           |    |           |          |       |      |       |
| Фактор 1                               | 3,683     | 3  | 1,228     | 20,236   | 2,911 | 0,00 | 7,18  |
| Фактор 2                               | 37,955    | 3  | 12,652    | 208,548  | 2,911 | 0,00 | 73,97 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 7,790     | 9  | 0,866     | 14,268   | 2,199 | 0,00 | 15,18 |
| Похибка                                | 1,881     | 31 | 0,061     |          |       |      | 3,67  |
| <i>Ширина замикаючої клітини, мкм</i>  |           |    |           |          |       |      |       |
| Фактор 1                               | 1,616     | 3  | 0,539     | 5,873    | 2,911 | 0,00 | 19,34 |
| Фактор 2                               | 3,334     | 3  | 1,111     | 12,117   | 2,911 | 0,00 | 39,90 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 0,562     | 9  | 0,062     | 0,681    | 2,199 | 0,72 | 6,72  |
| Похибка                                | 2,843     | 31 | 0,092     |          |       |      | 34,03 |
| <i>Ширина продихової щілини, мкм</i>   |           |    |           |          |       |      |       |
| Фактор 1                               | 12,277    | 3  | 4,092     | 42,488   | 2,911 | 0,00 | 19,35 |
| Фактор 2                               | 37,540    | 3  | 12,513    | 129,920  | 2,911 | 0,00 | 59,18 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 10,627    | 9  | 1,181     | 12,260   | 2,199 | 0,00 | 16,75 |
| Похибка                                | 2,986     | 31 | 0,096     |          |       |      | 4,71  |
| <i>Площа продихів, мкм<sup>2</sup></i> |           |    |           |          |       |      |       |
| Фактор 1                               | 4780,880  | 3  | 1593,627  | 374,463  | 2,911 | 0,00 | 5,12  |
| Фактор 2                               | 66706,846 | 3  | 22235,615 | 5224,825 | 2,911 | 0,00 | 71,45 |
| Фактор 1×Фактор 2                      | 21745,851 | 9  | 2416,206  | 567,749  | 2,199 | 0,00 | 23,29 |
| Похибка                                | 131,929   | 31 | 4,256     |          |       |      | 0,14  |

Додаток Г. 14

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 7 (дослід 1)

| Джерело варіації  | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1   | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Приживлюваність в умовах in vivo через 30 діб, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 1582,34        | 3               | 527,447   | 392,289            | 2,698              | 0,00    | 5,61              |
| Фактор 2  | 5111,32        | 1               | 5111,316  | 3801,546           | 3,939              | 0,00    | 18,14             |
| Фактор 3  | 17865,18       | 5               | 3573,035  | 2657,448           | 2,308              | 0,00    | 63,41             |
| Фактор 1×Фактор 2                                       | 21,41          | 3               | 7,138     | 5,309              | 2,698              | 0,00    | 0,07              |
| Фактор 1×Фактор 3                                       | 1241,76        | 15              | 82,784    | 61,571             | 1,77               | 0,00    | 4,40              |
| Фактор 2×Фактор 3                                       | 256,75         | 5               | 51,351    | 38,192             | 2,308              | 0,00    | 0,91              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                              | 1961,30        | 14              | 140,093   | 104,194            | 1,795              | 0,00    | 6,96              |
| Похибка   | 130,42         | 97              | 1,345     |                    |                    |         | 0,46              |
| <i>Приживлюваність в умовах in vivo через 60 діб, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 480,74         | 3               | 160,247   | 204,378            | 2,698              | 0,00    | 1,62              |
| Фактор 2  | 2991,07        | 1               | 2991,071  | 3814,791           | 3,939              | 0,00    | 10,14             |
| Фактор 3  | 23715,08       | 5               | 4743,016  | 6049,209           | 2,308              | 0,00    | 80,39             |
| Фактор 1×Фактор 2                                       | 60,20          | 3               | 20,066    | 25,592             | 2,698              | 0,00    | 0,20              |
| Фактор 1×Фактор 3                                       | 655,87         | 15              | 43,725    | 55,766             | 1,77               | 0,00    | 2,22              |
| Фактор 2×Фактор 3                                       | 1146,17        | 5               | 229,233   | 292,363            | 2,308              | 0,00    | 3,88              |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                              | 371,84         | 14              | 26,560    | 33,875             | 1,795              | 0,00    | 1,26              |

Продовження додатку Г.14

| 1   | 2        | 3  | 4        | 5        | 6     | 7    | 8     |
|---|----------|----|----------|----------|-------|------|-------|
| Похибка   | 76,05    | 97 | 0,784    |          |       |      | 0,25  |
| <i>Приживлюваність в умовах in vivo через 90 діб, %</i> |          |    |          |          |       |      |       |
| Фактор 1  | 489,926  | 3  | 163,309  | 218,270  | 2,698 | 0,00 | 4,87  |
| Фактор 2  | 1435,519 | 1  | 1435,519 | 1918,640 | 3,939 | 0,00 | 14,29 |
| Фактор 3  | 6502,868 | 5  | 1300,574 | 1738,280 | 2,308 | 0,00 | 64,76 |
| Фактор 1×Фактор 2                                       | 59,267   | 3  | 19,756   | 26,405   | 2,698 | 0,00 | 0,59  |
| Фактор 1×Фактор 3                                       | 653,692  | 15 | 43,579   | 58,246   | 1,77  | 0,00 | 6,51  |
| Фактор 2×Фактор 3                                       | 453,481  | 5  | 90,696   | 121,220  | 2,308 | 0,00 | 4,51  |
| Фактор 1×Фактор 2×Фактор 3                              | 372,702  | 14 | 26,622   | 35,581   | 1,795 | 0,00 | 3,71  |
| Похибка   | 72,575   | 97 | 0,748    |          |       |      | 0,72  |

Додаток Г. 15

Результати дисперсійного аналізу за даними розділу 7 (дослід 2)

| Джерело варіації  | Сума квадратів | Ступені свободи | Дисперсія | F <sub>факт.</sub> | F <sub>теор.</sub> | p-знач. | Вплив факторів, % |
|---|----------------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------|-------------------|
| 1   | 2              | 3               | 4         | 5                  | 6                  | 7       | 8                 |
| <i>Приживлюваність в умовах in vivo через 30 діб, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 205,342        | 3               | 68,4475   | 1711,19            | 2,901              | 0,00    | 12,13             |
| Фактор 2  | 1337,468       | 3               | 445,8225  | 11145,56           | 2,901              | 0,00    | 79,06             |
| Фактор 1×Фактор 2                                       | 147,563        | 9               | 16,3958   | 409,90             | 2,188              | 0,00    | 8,72              |
| Похибка   | 1,280          | 32              | 0,0400    |                    |                    |         | 0,07              |
| <i>Приживлюваність в умовах in vivo через 60 діб, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 72,270         | 3               | 24,090    | 602,25             | 2,901              | 0,00    | 1,48              |
| Фактор 2  | 4744,845       | 3               | 1581,615  | 39540,38           | 2,901              | 0,00    | 97,18             |
| Фактор 1×Фактор 2                                       | 63,705         | 9               | 7,078     | 176,96             | 2,188              | 0,00    | 1,30              |
| Похибка   | 1,280          | 32              | 0,040     |                    |                    |         | 0,02              |
| <i>Приживлюваність в умовах in vivo через 90 діб, %</i> |                |                 |           |                    |                    |         |                   |
| Фактор 1  | 55,282         | 3               | 18,427    | 263,25             | 2,901              | 0,00    | 0,86              |
| Фактор 2  | 6264,067       | 3               | 2088,023  | 29828,89           | 2,901              | 0,00    | 97,99             |
| Фактор 1×Фактор 2                                       | 70,403         | 9               | 7,823     | 111,75             | 2,188              | 0,00    | 1,10              |
| Похибка   | 2,240          | 32              | 0,070     |                    |                    |         | 0,03              |

Додаток Д. 1

**Економічна ефективність удосконалених технологічних прийомів культивування винограду *in vitro* підщепного сорту «Гарант» (дослід 1)**

| Показники                                 | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |         |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   |                                       |                     | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію        | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:        | 30                                    | шт.                 | 535,0             | 490,0   | 680,0   | 550,0   | 725,0   | 620,0   |
|   | 30                                    | %                   | 53,5              | 49,0    | 68,0    | 55,0    | 72,5    | 62,0    |
|   | 60                                    | шт.                 | 363,0             | 300,0   | 520,0   | 480,0   | 655,0   | 550,0   |
|   | 60                                    | %                   | 36,3              | 30,0    | 52,0    | 48,0    | 65,5    | 55,0    |
|   | 90                                    | шт.                 | 285,0             | 255,0   | 480,0   | 410,0   | 585,0   | 480,0   |
|   | 90                                    | %                   | 28,5              | 25,5    | 48,0    | 41,0    | 58,5    | 48,0    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч. | -                                     | грн                 | 39139,0           | 40739,0 | 40249,2 | 41849,2 | 39389,3 | 40989,3 |

## Продовження додатку Д. 1

| 1   | 2  | 3   | 4        | 5        | 6       | 7        | 8       | 9       |
|---|----|-----|----------|----------|---------|----------|---------|---------|
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -  | грн | 1500,0   | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних середовищ                                   | -  | грн | 20000,0  | 21600,0  | 20000,0 | 21600,0  | 20000,0 | 21600,0 |
| - вартість препаратів   | -  | грн | -        | -        | 1110,2  | 1110,2   | 250,3   | 250,3   |
| - енергоресурси   | -  | грн | 11139,0  | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати   | -  | грн | 6500,0   | 6500,0   | 6500,0  | 6500,0   | 6500,0  | 6500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів                         | 30 | грн | 73157,0  | 83140,8  | 59190,0 | 76089,5  | 54330,1 | 66111,8 |
|   | 60 | грн | 107820,9 | 135796,7 | 77402,3 | 87185,8  | 60136,3 | 74526,0 |
|   | 90 | грн | 137329,8 | 159760,8 | 83852,5 | 102071,2 | 67332,1 | 85394,4 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн                        | -  | грн | 90,0     | 90,0     | 90,0    | 90,0     | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)                                      | 30 | грн | 9011,0   | 3361,0   | 20950,8 | 7650,8   | 25860,7 | 14810,7 |
|   | 60 | грн | -        | -        | 6550,8  | 1350,8   | 19560,7 | 8510,7  |
|   | 90 | грн | -        | -        | 2950,8  | -        | 13260,7 | 2210,7  |
| Рівень рентабельності   | 30 | %   | 23,0     | 8,3      | 52,1    | 18,3     | 65,7    | 36,1    |
|   | 60 | %   | -        | -        | 16,3    | 3,2      | 49,7    | 20,8    |
|   | 90 | %   | -        | -        | 7,3     | -        | 33,7    | 5,4     |

| Показники   | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти досліджу |         |         |         |         |         |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   |                                       |                     | 7                 | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію                                  | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:                                  | 30                                    | шт.                 | 960,0             | 815,0   | 860,0   | 775,0   | 875,0   | 840,0   |
|   | 30                                    | %                   | 96,0              | 81,5    | 86,0    | 77,5    | 87,5    | 84,0    |
|   | 60                                    | шт.                 | 770,0             | 615,0   | 670,0   | 585,0   | 710,0   | 680,0   |
|   | 60                                    | %                   | 77,0              | 61,5    | 67,0    | 58,5    | 71,0    | 68,0    |
|   | 90                                    | шт.                 | 740,0             | 570,0   | 600,0   | 525,0   | 665,0   | 650,0   |
|   | 90                                    | %                   | 74,0              | 57,0    | 60,0    | 52,5    | 66,5    | 65,0    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч.                           | -                                     | грн                 | 39269,2           | 40869,2 | 39229,4 | 40829,4 | 39359,6 | 40959,6 |
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -                                     | грн                 | 1500,0            | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних середовищ                                   | -                                     | грн                 | 20000,0           | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 |

## Продовження додатку Д. 1

| 1  | 2  | 3   | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
|--|----|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| - вартість препаратів                        | -  | грн | 130,2   | 130,2   | 90,4    | 90,4    | 220,6   | 220,6   |
| - енергоресурси                              | -  | грн | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати                            | -  | грн | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів  | 30 | грн | 40905,4 | 50146,3 | 45615,6 | 52683,1 | 44982,4 | 48761,4 |
|  | 60 | грн | 50999,0 | 66454,0 | 58551,3 | 69793,8 | 55436,1 | 60234,7 |
|  | 90 | грн | 53066,5 | 71700,4 | 65382,3 | 77770,3 | 59187,4 | 63014,8 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн | -  | грн | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)               | 30 | грн | 47130,8 | 32480,8 | 38170,6 | 28920,6 | 39390,4 | 34640,4 |
|  | 60 | грн | 30030,8 | 14480,8 | 21070,6 | 11820,6 | 24540,4 | 20240,4 |
|  | 90 | грн | 27330,8 | 10430,8 | 14770,6 | 6420,6  | 20490,4 | 17540,4 |
| Рівень рентабельності                        | 30 | %   | 120,0   | 79,5    | 97,3    | 70,8    | 100,1   | 84,6    |
|  | 60 | %   | 76,5    | 35,4    | 53,7    | 29,0    | 62,3    | 49,4    |
|  | 90 | %   | 69,6    | 25,5    | 37,7    | 15,7    | 52,1    | 42,8    |

Додаток Д. 2

**Економічна ефективність удосконалених технологічних прийомів культивування винограду *in vitro* технічного сорту «Ярило» (дослід 1)**

| Показники                                 | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |         |        |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|   |                                       |                     | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |        |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |        |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію        | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0 |
| Приживлюваність мікроклонів через:        | 30                                    | шт.                 | 600,0             | 520,0   | 650,0   | 580,0   | 685,0   | 625,0   |        |
|   | 30                                    | %                   | 60,0              | 52,0    | 65,0    | 58,0    | 68,5    | 62,5    |        |
|   | 60                                    | шт.                 | 400,0             | 320,0   | 580,0   | 500,0   | 623,0   | 550,0   |        |
|   | 60                                    | %                   | 40,0              | 32,0    | 58,0    | 50,0    | 62,3    | 55,0    |        |
|   | 90                                    | шт.                 | 355,0             | 280,0   | 530,0   | 470,0   | 585,0   | 515,0   |        |
|   | 90                                    | %                   | 35,5              | 28,0    | 53,0    | 47,0    | 58,5    | 51,5    |        |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч. | -                                     | грн                 | 39139,0           | 40739,0 | 40249,2 | 41849,2 | 39389,3 | 40989,3 |        |

## Продовження додатку Д. 2

| 1   | 2  | 3   | 4        | 5        | 6       | 7       | 8       | 9       |
|---|----|-----|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -  | грн | 1500,0   | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних середовищ                                   | -  | грн | 20000,0  | 21600,0  | 20000,0 | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 |
| - вартість препаратів   | -  | грн | -        | -        | 1110,2  | 1110,2  | 250,3   | 250,3   |
| - енергоресурси   | -  | грн | 11139,0  | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати   | -  | грн | 6500,0   | 6500,0   | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів                         | 30 | грн | 65231,7  | 78344,2  | 61921,8 | 72153,8 | 57502,6 | 65582,9 |
|   | 60 | грн | 97847,5  | 127309,4 | 69395,2 | 83698,4 | 63225,2 | 74526,0 |
|   | 90 | грн | 110250,7 | 145496,4 | 75941,9 | 89040,9 | 67332,1 | 79590,9 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн                        | -  | грн | 90,0     | 90,0     | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)                                      | 30 | грн | 14861,0  | 6061,0   | 18250,8 | 10350,8 | 22260,7 | 15260,7 |
|   | 60 | грн | -        | -        | 11950,8 | 3150,8  | 16680,7 | 8510,7  |
|   | 90 | грн | -        | -        | 7450,8  | 450,8   | 13260,7 | 5360,7  |
| Рівень рентабельності   | 30 | %   | 38,0     | 14,9     | 45,3    | 24,7    | 56,5    | 37,2    |
|   | 60 | %   | -        | -        | 29,7    | 7,5     | 42,3    | 20,8    |
|   | 90 | %   | -        | -        | 18,5    | 1,1     | 33,7    | 13,1    |

| Показники   | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти досліджу |         |         |         |         |         |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   |                                       |                     | 7                 | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію                                  | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:                                  | 30                                    | шт.                 | 795,0             | 685,0   | 809,5   | 750,0   | 980,0   | 800,0   |
|   | 30                                    | %                   | 79,5              | 68,5    | 81,0    | 75,0    | 98,0    | 80,0    |
|   | 60                                    | шт.                 | 700,0             | 585,0   | 700,0   | 645,0   | 855,0   | 750,0   |
|   | 60                                    | %                   | 70,0              | 58,5    | 70,0    | 64,5    | 85,5    | 75,0    |
|   | 90                                    | шт.                 | 660,0             | 520,0   | 660,0   | 580,0   | 825,0   | 700,0   |
|   | 90                                    | %                   | 66,0              | 52,0    | 66,0    | 58,0    | 82,5    | 70,0    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч.                           | -                                     | грн                 | 39269,2           | 40869,2 | 39229,4 | 40829,4 | 39359,6 | 40959,6 |
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -                                     | грн                 | 1500,0            | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних середовищ                                   | -                                     | грн                 | 20000,0           | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 |

## Продовження додатку Д. 2

| 1  | 2  | 3   | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
|--|----|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| - вартість препаратів                        | -  | грн | 130,2   | 130,2   | 90,4    | 90,4    | 220,6   | 220,6   |
| - енергоресурси                              | -  | грн | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати                            | -  | грн | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів  | 30 | грн | 49395,2 | 59663,1 | 48459,8 | 54439,2 | 40162,9 | 51199,5 |
|  | 60 | грн | 56098,9 | 69861,9 | 56042,0 | 63301,4 | 46034,6 | 54612,8 |
|  | 90 | грн | 59498,8 | 78594,6 | 59438,5 | 70395,5 | 47708,6 | 58513,7 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн | -  | грн | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)               | 30 | грн | 32280,8 | 20780,8 | 33627,7 | 26670,6 | 48840,4 | 31040,4 |
|  | 60 | грн | 23730,8 | 11780,8 | 23770,6 | 17220,6 | 37590,4 | 26540,4 |
|  | 90 | грн | 20130,8 | 5930,8  | 20170,6 | 11370,6 | 34890,4 | 22040,4 |
| Рівень рентабельності                        | 30 | %   | 82,2    | 50,8    | 85,7    | 65,3    | 124,1   | 75,8    |
|  | 60 | %   | 60,4    | 28,8    | 60,6    | 42,2    | 95,5    | 64,8    |
|  | 90 | %   | 51,3    | 14,5    | 51,4    | 27,8    | 88,6    | 53,8    |

Додаток Д. 3

**Економічна ефективність удосконалених технологічних прийомів культивування винограду *in vitro* технічного сорту «Загрей» (дослід 1)**

| Показники                                 | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |         |        |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|   |                                       |                     | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       |        |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |        |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію        | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0 |
| Приживлюваність мікроклонів через:        | 30                                    | шт.                 | 570,0             | 475,0   | 655,0   | 580,0   | 685,0   | 600,0   |        |
|   | 30                                    | %                   | 57,0              | 47,5    | 65,5    | 58,0    | 68,5    | 60,0    |        |
|   | 60                                    | шт.                 | 369,0             | 295,0   | 545,0   | 469,0   | 602,0   | 512,0   |        |
|   | 60                                    | %                   | 36,9              | 29,5    | 54,5    | 46,9    | 60,2    | 51,2    |        |
|   | 90                                    | шт.                 | 285,0             | 250,0   | 456,0   | 400,0   | 555,0   | 470,0   |        |
|   | 90                                    | %                   | 28,5              | 25,0    | 45,6    | 40,0    | 55,5    | 47,0    |        |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч. | -                                     | грн                 | 39139,0           | 40739,0 | 40249,2 | 41849,2 | 39389,3 | 40989,3 |        |

## Продовження додатку Д. 3

| 1   | 2  | 3   | 4        | 5        | 6       | 7        | 8       | 9       |
|---|----|-----|----------|----------|---------|----------|---------|---------|
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -  | грн | 1500,0   | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних середовищ                                   | -  | грн | 20000,0  | 21600,0  | 20000,0 | 21600,0  | 20000,0 | 21600,0 |
| - вартість препаратів   | -  | грн | -        | -        | 1110,2  | 1110,2   | 250,3   | 250,3   |
| - енергоресурси   | -  | грн | 11139,0  | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати   | -  | грн | 6500,0   | 6500,0   | 6500,0  | 6500,0   | 6500,0  | 6500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів                         | 30 | грн | 68664,9  | 85766,3  | 61449,2 | 72153,8  | 57502,6 | 68315,5 |
|   | 60 | грн | 106067,8 | 138098,3 | 73851,7 | 89230,7  | 65430,7 | 80057,2 |
|   | 90 | грн | 137329,8 | 162956,0 | 88265,8 | 104623,0 | 70971,7 | 87211,3 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн                        | -  | грн | 90,0     | 90,0     | 90,0    | 90,0     | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)                                      | 30 | грн | 12161,0  | 2011,0   | 18700,8 | 10350,8  | 22260,7 | 13010,7 |
|   | 60 | грн | -        | -        | 8800,8  | 360,8    | 14790,7 | 5090,7  |
|   | 90 | грн | -        | -        | 790,8   | -        | 10560,7 | 1310,7  |
| Рівень рентабельності   | 30 | %   | 31,1     | 4,9      | 46,5    | 24,7     | 56,5    | 31,7    |
|   | 60 | %   | -        | -        | 21,9    | 0,9      | 37,6    | 12,4    |
|   | 90 | %   | -        | -        | 2,0     | -        | 26,8    | 3,2     |

| Показники   | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідю |         |         |         |         |         |
|---|---------------------------------------|---------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   |                                       |                     | 7                | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію                                  | -                                     | шт.                 | 1000,0           | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:                                  | 30                                    | шт.                 | 750,0            | 640,0   | 775,0   | 700,0   | 940,0   | 800,0   |
|   | 30                                    | %                   | 75,0             | 64,0    | 77,5    | 70,0    | 94,0    | 80,0    |
|   | 60                                    | шт.                 | 635,7            | 461,0   | 588,0   | 530,0   | 772,0   | 700,0   |
|   | 60                                    | %                   | 63,6             | 46,1    | 58,8    | 53,0    | 77,2    | 70,0    |
|   | 90                                    | шт.                 | 560,0            | 420,0   | 503,0   | 470,0   | 652,0   | 600,0   |
|   | 90                                    | %                   | 56,0             | 42,0    | 50,3    | 47,0    | 65,2    | 60,0    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч.                           | -                                     | грн                 | 39269,2          | 40869,2 | 39229,4 | 40829,4 | 39359,6 | 40959,6 |
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -                                     | грн                 | 1500,0           | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних середовищ                                   | -                                     | грн                 | 20000,0          | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 | 20000,0 | 21600,0 |

## Продовження додатку Д. 3

| 1  | 2  | 3   | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
|--|----|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| - вартість препаратів                        | -  | грн | 130,2   | 130,2   | 90,4    | 90,4    | 220,6   | 220,6   |
| - енергоресурси                              | -  | грн | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати                            | -  | грн | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  | 6500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів  | 30 | грн | 52358,9 | 63858,1 | 50618,6 | 58327,7 | 41871,9 | 51199,5 |
|  | 60 | грн | 61776,4 | 88653,4 | 66711,3 | 77036,6 | 50983,9 | 58513,7 |
|  | 90 | грн | 70123,6 | 97307,6 | 77990,9 | 86871,1 | 60367,5 | 68266,0 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн | -  | грн | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)               | 30 | грн | 28230,8 | 16730,8 | 30520,6 | 22170,6 | 45240,4 | 31040,4 |
|  | 60 | грн | 17940,8 | 620,8   | 13694,9 | 6870,6  | 30120,4 | 22040,4 |
|  | 90 | грн | 11130,8 | -       | 6040,6  | 1470,6  | 19320,4 | 13040,4 |
| Рівень рентабельності                        | 30 | %   | 71,9    | 40,9    | 77,8    | 54,3    | 114,9   | 75,8    |
|  | 60 | %   | 45,7    | 1,5     | 34,9    | 16,8    | 76,5    | 53,8    |
|  | 90 | %   | 28,3    | -       | 15,4    | 3,6     | 49,1    | 31,8    |

Додаток Д. 4

**Економічна ефективність удосконалених технологічних прийомів культивування винограду *in vitro* підщепного сорту «Гарант» (дослід 2)**

| Показники                                 | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
|   |                                       |                     | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію        | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:        | 30                                    | шт.                 | 535,0             | 490,0   | 793,0   | 747,0   | 812,0   |
|   | 30                                    | %                   | 53,5              | 49,0    | 79,3    | 74,7    | 81,2    |
|   | 60                                    | шт.                 | 363,0             | 300,0   | 675,0   | 650,0   | 733,0   |
|   | 60                                    | %                   | 36,3              | 30,0    | 67,5    | 65,0    | 73,3    |
|   | 90                                    | шт.                 | 285,0             | 255,0   | 635,0   | 610,0   | 685,0   |
|   | 90                                    | %                   | 28,5              | 25,5    | 63,5    | 61,0    | 68,5    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч. | -                                     | грн                 | 30139,0           | 31739,0 | 31939,0 | 33179,0 | 31759,0 |

Продовження додатку Д. 4

|   |    |     |          |          |         |         |         |
|---|----|-----|----------|----------|---------|---------|---------|
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -  | грн | 1500,0   | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| 1   | 2  | 3   | 4        | 5        | 6       | 7       | 8       |
| - приготування поживних субстратів                                  | -  | грн | 10000,0  | 11600,0  | 10000,0 | 11600,0 | 10000,0 |
| - вартість мінеральних субстратів                                   | -  | грн | 0        | 0        | 1800,0  | 1440,0  | 1620,0  |
| - енергоресурси   | -  | грн | 11139,0  | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати   | -  | грн | 7500,0   | 7500,0   | 7500,0  | 7500,0  | 7500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів                         | 30 | грн | 56334,6  | 64773,5  | 40276,2 | 44416,3 | 39112,1 |
|   | 60 | грн | 83027,5  | 105796,7 | 47317,0 | 51044,6 | 43327,4 |
|   | 90 | грн | 105750,9 | 124466,7 | 50297,6 | 54391,8 | 46363,5 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн                        | -  | грн | 90,0     | 90,0     | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)                                      | 30 | грн | 18011,0  | 12361,0  | 39431,0 | 34051,0 | 41321,0 |
|   | 60 | грн | 2531,0   | -        | 28811,0 | 25321,0 | 34211,0 |
|   | 90 | грн | -        | -        | 25211,0 | 21721,0 | 29891,0 |
| Рівень рентабельності   | 30 | %   | 59,8     | 38,9     | 123,5   | 102,6   | 130,1   |
|   | 60 | %   | 8,4      | -        | 90,2    | 76,3    | 107,7   |
|   | 90 | %   | -        | -        | 78,9    | 65,5    | 94,1    |

Додаток Д. 5

**Економічна ефективність удосконалених технологічних прийомів культивування винограду *in vitro* технічного сорту «Ярило» (дослід 2)**

| Показники                                 | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
|   |                                       |                     | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію        | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:        | 30                                    | шт.                 | 600,0             | 520,0   | 730,0   | 670,0   | 800,0   |
|   | 30                                    | %                   | 60,0              | 52,0    | 73,0    | 67,0    | 80,0    |
|   | 60                                    | шт.                 | 400,0             | 320,0   | 640,0   | 585,0   | 727,0   |
|   | 60                                    | %                   | 40,0              | 32,0    | 64,0    | 58,5    | 72,7    |
|   | 90                                    | шт.                 | 355,0             | 280,0   | 610,0   | 545,0   | 687,0   |
|   | 90                                    | %                   | 35,5              | 28,0    | 61,0    | 54,5    | 68,7    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч. | -                                     | грн                 | 30139,0           | 31739,0 | 31939,0 | 33179,0 | 31759,0 |

## Продовження додатку Д. 5

| 1   | 2  | 3   | 4       | 5        | 6       | 7       | 8       |
|---|----|-----|---------|----------|---------|---------|---------|
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -  | грн | 1500,0  | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних субстратів                                  | -  | грн | 10000,0 | 11600,0  | 10000,0 | 11600,0 | 10000,0 |
| - вартість мінеральних субстратів                                   | -  | грн | -       | -        | 1800,0  | 1440,0  | 1620,0  |
| - енергоресурси   | -  | грн | 11139,0 | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати   | -  | грн | 7500,0  | 7500,0   | 7500,0  | 7500,0  | 7500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів                         | 30 | грн | 50231,7 | 61036,5  | 43752,1 | 49520,9 | 39698,8 |
|   | 60 | грн | 75347,5 | 99184,4  | 49904,7 | 56716,2 | 43685,0 |
|   | 90 | грн | 84898,6 | 113353,6 | 52359,0 | 60878,9 | 46228,5 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн                        | -  | грн | 90,0    | 90,0     | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)                                      | 30 | грн | 23861,0 | 15061,0  | 33761,0 | 27121,0 | 40241,0 |
|   | 60 | грн | 5861,0  | -        | 25661,0 | 19471,0 | 33671,0 |
|   | 90 | грн | 1811,0  | -        | 22961,0 | 15871,0 | 30071,0 |
| Рівень рентабельності   | 30 | %   | 79,2    | 47,5     | 105,7   | 81,7    | 126,7   |
|   | 60 | %   | 19,4    | -        | 80,3    | 58,7    | 106,0   |
|   | 90 | %   | 6,0     | -        | 71,9    | 47,8    | 94,7    |

Додаток Д. 6

**Економічна ефективність удосконалених технологічних прийомів культивування винограду *in vitro* технічного сорту «Загрей» (дослід 2)**

| Показники                                 | Термін культивування мікроклонів, діб | Одиниці вимірювання | Варіанти дослідів |         |         |         |         |
|---|---------------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
|   |                                       |                     | 1                 | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 1   | 2                                     | 3                   | 4                 | 5       | 6       | 7       | 8       |
| Висаджено мікроклонів на адаптацію        | -                                     | шт.                 | 1000,0            | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  | 1000,0  |
| Приживлюваність мікроклонів через:        | 30                                    | шт.                 | 570,0             | 475,0   | 709,0   | 645,0   | 752,0   |
|   | 30                                    | %                   | 57,0              | 47,5    | 70,9    | 64,5    | 75,2    |
|   | 60                                    | шт.                 | 369,0             | 295,0   | 635,0   | 585,0   | 707,0   |
|   | 60                                    | %                   | 36,9              | 29,5    | 63,5    | 58,5    | 70,7    |
|   | 90                                    | шт.                 | 285,0             | 250,0   | 605,0   | 565,0   | 677,0   |
|   | 90                                    | %                   | 28,5              | 25,0    | 60,5    | 56,5    | 67,7    |
| Витрати на одержання мікроклонів, у т. ч. | -                                     | грн                 | 30139,0           | 31739,0 | 31939,0 | 33179,0 | 31759,0 |

## Продовження додатку Д. 6

| 1   | 2  | 3   | 4        | 5        | 6       | 7       | 8       |
|---|----|-----|----------|----------|---------|---------|---------|
| - витрати на введення ініціальних експлантів та їх мікророзмноження | -  | грн | 1500,0   | 1500,0   | 1500,0  | 1500,0  | 1500,0  |
| - приготування поживних субстратів                                  | -  | грн | 10000,0  | 11600,0  | 10000,0 | 11600,0 | 10000,0 |
| - вартість мінеральних субстратів                                   | -  | грн | -        | -        | 1800,0  | 1440,0  | 1620,0  |
| - енергоресурси   | -  | грн | 11139,0  | 11139,0  | 11139,0 | 11139,0 | 11139,0 |
| - трудові витрати   | -  | грн | 7500,0   | 7500,0   | 7500,0  | 7500,0  | 7500,0  |
| Собівартість 1 тис. адаптованих мікроклонів                         | 30 | грн | 52875,4  | 66818,9  | 45048,0 | 51440,3 | 42232,7 |
|   | 60 | грн | 81677,5  | 107589,8 | 50297,6 | 56716,2 | 44920,8 |
|   | 90 | грн | 105750,9 | 126956,0 | 52791,7 | 58723,9 | 46911,4 |
| Ціна реалізації адаптованого мікроклона, грн                        | -  | грн | 90,0     | 90,0     | 90,0    | 90,0    | 90,0    |
| Прибуток (на 1000 мікроклонів)                                      | 30 | грн | 21161,0  | 11011,0  | 31871,0 | 24871,0 | 35921,0 |
|   | 60 | грн | 3071,0   | -        | 25211,0 | 19471,0 | 31871,0 |
|   | 90 | грн | -        | -        | 22511,0 | 17671,0 | 29171,0 |
| Рівень рентабельності   | 30 | %   | 70,2     | 34,7     | 99,8    | 75,0    | 113,1   |
|   | 60 | %   | 10,2     | -        | 78,9    | 58,7    | 100,4   |
|   | 90 | %   | -        | -        | 70,5    | 53,3    | 91,9    |