

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

БАБИН ОЛЕКСАНДР РУСЛАНОВИЧ

УДК 57.017.3:631.53:712.4(477-411)

ДИСЕРТАЦІЯ

**АДАПТИВНА СТІЙКІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЇ РОЗМНОЖЕННЯ
РОСЛИН РОДУ *CERCIS* L. ТА ВИКОРИСТАННЯ В ОЗЕЛЕНЕННІ
М. КИЄВА**

206 «Садово-паркове господарство»

20 «Аграрні науки та продовольство»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело

О. Р. Бабин

Науковий керівник

Пінчук Андрій Петрович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Бабин О. Р. Адаптивна стійкість, технології розмноження рослин роду *Cercis* L. та використання в озелененні м. Києва. Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 206 «Садово-паркове господарство» (20 «Аграрні науки та продовольство»). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2025.

Дисертаційна робота присвячена вивченню адаптивної стійкості, технологіям розмноження рослин роду *Cercis* L. та використання їх в озелененні м. Києва. Метою дослідження було вивчення адаптивної стійкості та удосконалення технологій отримання садивного матеріалу дослідного роду рослин.

Дисертаційне дослідження проведено за допомогою загальноприйнятих методик. Лабораторні й польові дослідження здійснювалися за наявності постійної площі для вивчення та аналізу. Дослідження проводилося в лабораторіях НУБіП України, Інституту садівництва НААН України та лабораторії Державного підприємства «Державний центр сертифікації і експертизи сільськогосподарської продукції», особливості дослідного роду вивчались на прикладі рослин, що зростали в насадженнях загального користування або Національного ботанічного саду ім. О. О. Фоміна.

Під час аналізу наукових праць встановлено, що для насіння цього роду характерний як фізіологічний стан спокою, так і фізичний. Така особливість роду є ключовим чинником у складності отримання садивного матеріалу насіннєвого походження. Без правильної передпосівної підготовки насіння частка успішно схожого насіння знижується від 20 % до 0 %. Окрім переривання фізіологічного стану спокою насіння шляхом холодної стратифікації, потрібно подолати фізичну твердість насіннєвої оболонки, яка захищає насінину від дії несприятливих чинників. Більшість закордонних вчених рекомендує

використовувати в якості скарифікуючої речовини концентровану кислоту, що є небезпечним у виробничих процесах розсадництва. Саме тому актуальним залишається питання вдосконалення технологій отримання садивного матеріалу рослин роду *Cercis* L. з урахування проблематики розмноження різними способами.

В озелененні населених пунктів актуальною є проблема асортименту кущової рослинності та дерев другої та третьої величини. Часто другий ярус повністю відсутній у парках м. Києва. Задля вирішення цієї проблеми потрібно вводити в асортимент рослин перспективні високодекоративні та стійкі види рослин. Ефектне та рясне квітування рожевої гами кольорів до розпускання листків упродовж місяця робить рослини роду *Cercis* L. високодекоративними у весняний період. Морфологічні та екологічні особливості рослин дослідного роду робить їх перспективними для використання в системі озеленення м. Києва. Для рослин цього роду притаманне явище кауліфлорії – утворення генеративних бруньок по всій поверхні стовбура. На додачу до цього щільна крона відмінно виконує роль притінення алей у літній період. Рід *Cercis* L., хоч і складається всього із 7-9 видів, проте має значну кількість культиварів, які відрізняються один від одного як за забарвленням та формою квітки (махровість), так і забарвленням листових пластинок й архітектонікою крони, що робить ці рослини високодекоративними упродовж всього вегетаційного періоду. Однак, сортові особливості можуть втрачатися під час генеративного розмноження, тому доцільно покращувати існуючі та розробляти нові більш сучасні методи розмноження.

Під час проведення досліджень із визначення поширення рослин дослідного роду на території м. Києва, встановлено, що найбільша кількість рослин роду *Cercis* L. зростає на території Дарницького району (45 % загальної кількості виявлених рослин). Окрім цього, на території м. Києва зростає 4 таксони дослідного роду: *Cercis canadensis* L. (65 %), *C. canadensis* ‘Forest Pansy’ (32 %), *C. siliquastrum* L. (2 %) та *C. siliquastrum* ‘Alba’ (1 %).

Під час спостережень за рослинами роду *Cercis* L. було виявлено незначне пошкодження пагонів шкідниками з родини *Diaspididae* та певними листогризучими комахами. Ураження рослин збудниками хвороб візуально нами не були виявлені.

При оцінюванні декоративності таксонів роду *Cercis* L. встановлено, що всі дослідні рослини мають високий бал декоративності (32 та більше), проте найвищий бал декоративності мають культивари *C. canadensis* ‘Carolina sweetheart’ із пістряво забарвленим листям, а також *C. canadensis* ‘Ruby Falls’, який має пурпуровий колір листків та плакучу форму крони. Дані особливості роблять досліджувані культивари високодекоративними протягом всього вегетаційного періоду, а не тільки в період квітнення. Досліджуючи річний цикл розвитку рослин роду *Cercis* L., встановлено, що середній термін вегетаційного періоду *C. canadensis* L. становив 193 дні, тоді як для *C. siliquastrum* ‘Alba’ – 203 дні. Окрім декоративних особливостей, дослідний рід має низку переваг з огляду екологічної стійкості.

Під час проведення досліджень щодо визначення потенційної посухостійкості на основі досліджень вегетативних частин рослин роду *Cercis* L. було встановлено, що найкращу жаростійкість мають *Cercis canadensis* ‘Carolina sweetheart’, *C. canadensis* ‘Vanilla Twist’ та *C. siliquastrum* ‘Alba’ з пошкодженням листової пластинки за температури 50 °C близько 5 %, тоді як *C. canadensis* L. має середні показники жаростійкості з пошкодженнями 12 % листової пластинки. Такі результати можуть свідчити про те, що дослідні види можуть витримувати високі несприятливі температури впродовж нетривалого проміжку часу. Дані дослідження щодо оводненості листових пластинок вказують, що найбільш чуттєві до зміни вологості ґрунту є *C. canadensis* ‘Carolina sweetheart’ та *C. gigantea* з показниками оводненості відповідно 64,71 % та 63,84 %. Для комплексної оцінки потенційної посухостійкості проведені дослідження з визначення вологоутримуючої здатності листових пластинок. Зокрема, у результаті проведених досліджень встановлено, що найменшу вологовіддачу мало листя *Cercis canadensis* ‘Vanilla Twist’ та *C. canadensis* L. із середньою

швидкістю вологовіддачі відповідно 2,12 %/год та 2,10 %/год. Найгірший показник вологоутримуючої здатності мали листові пластинки *C. gigantea* та *C. canadensis* 'Carolina sweetheart' із швидкістю вологовіддачі відповідно 2,62 %/год та 2,68 %/год. Це свідчить, що рослини з вищим показником втрачатимуть тургор та вологу швидше за посушливих умов зовнішнього середовища. Дані досліджень щодо водного дефіциту коливаються в межах 9-16 %, що вказує на середню потенційну посухостійкість видів. *C. canadensis* 'Ruby Falls' та *C. gigantea* мали одні з найвищих показників дефіциту води, це можна трактувати, що в результаті нестачі води рослини можуть мати пригнічення в рості і розвитку. На додачу до цього, дослідним шляхом визначено потенційну морозостійкість даних видів. Встановлено, що найкращий стан тканин у лабораторних умовах мав вид *Cercis canadensis* L. та деякі його культивари. Припускаємо, що стійкість до дії низьких температур у природних умовах у цих таксонів буде також високою. Відмічено, що на морозостійкість впливає як місцезростання рослини так і її відношення до води. Зокрема, більш вологолюбні рослини, такі як *Cercis gigantea* та *Cercis canadensis* 'Ruby Falls' та *Cercis canadensis* 'Carolina sweetheart' мають значно нижчі показники морозостійкості. А зниження температури повітря більше -25 °C може призвести до незворотних змін у міжклітинниках цих видів рослин.

У результаті проведених досліджень щодо впливу чинників міського середовища на морфометричні показники та накопичення вторинних метаболітів у перидермі пагонів було встановлене обернене співвідношення між діаметром міжвузлів та їхньою довжиною.

Під час проведення біохімічного профілювання визначено якісний склад фенольних профілей рослин роду *Cercis* L., які зростали на території м. Києва. Для них було характерна наявність флавонолів, агліконів флавоноїдів, а також виявлено групи продуктів фенілпропаноїдного синтезу, оксикоричні та оксибензойні кислоти, кон'югати фенолкарбонових кислот. Фенольні профілі дослідних рослин вказували на те, що накопичення вторинних метаболітів залежить від умов зовнішнього середовища, вологості, а також рівня сонячної

інсоляції. Також, дослідним шляхом було підтверджено, що на основі варіативності фенольних профілів можна відрізнити рослини в межах роду. У результаті кластерного аналізу, за характеристиками фітохімічних профілів, було виділено 3 основні групи (кластери) рослин. У рослин першого кластеру характерною особливістю є зростання на сонячних ділянках, проте в них відсутні речовини з $R_f \sim 0,69$ та $R_f \sim 0,77$. Однак, вищезгадані речовини присутні в біохімічних профілях рослин другого кластера.

Поділ третього кластера на 2 підкластера зумовлений тим, що в одному з них наявна речовина з $R_f \sim 0,39$, яка не була присутня в жодному зразку кори та перидерми однорічних пагонів.

Рослини роду *Cercis* L. цілком адаптувалися до кліматичних та міських умов зростання. Припускаємо, що цьому могло сприяти явище відмирання останніх 2-3 міжвузлів.

Під час дослідження продихового апарату листових пластинок рослин дослідного роду, встановлено, що листки рослин, зростаючих на сонячних ділянках, мають більшу кількість продихів, ніж тих, що зростали у тіні.

Під час визначення ґрунтової схожості насіння дослідним шляхом встановлено, що на схожість впливає як діюча речовина, так і її концентрація. Отже, використання препаратів «Radifarm» та «Альга 600» в концентраціях 5 г/л призводить до негативного впливу на схожість, яка варіюється в межах від 36,7 % до 50 %.

Відмічений значний вплив обробки насіння дослідних видів бурштиновою кислотою у концентраціях 0,5 г/л та 1 г/л – схожість насіння варіювалось від 67 % до 73 %. Під час експерименту також встановлено, що обробка насіння стимуляторами росту впливає на якісний стан сіянців, зокрема, варто зазначити, що за вищої схожості насіння контрольного зразка *Cercis siliquastrum* 'Alba', морфометричні параметри були значно меншими, ніж в аналогічного насіння, яке було оброблене бурштиновою кислотою і становили відповідно $2,5 \pm 0,4$ см та $9,8 \pm 2,9$ см.

Окрім цього, під час визначення лабораторної схожості насіння, дослідним шляхом доведений позитивний вплив холодної стратифікації на схожість насіння дослідного роду.

Ключові слова: юдине дерево, посухостійкість, морозостійкість, *in vitro*, сіянці, озеленення, міське середовище, садивний матеріал.

ABSTRACT

Babyn O. R. Adaptive stability, propagation technologies of *Cercis* L. plants and their use in landscaping in Kyiv. Qualification work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 206 “Garden and Park Management” (20 “Agricultural Sciences and Food”). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2025.

The dissertation is devoted to the study of adaptive stability, propagation technologies of plants of the genus *Cercis* L. and their use in landscaping in Kyiv. The aim of the study was to study the adaptive stability and improve the technologies for obtaining planting material of the experimental plant genus.

The dissertation research was conducted using generally accepted methods. Laboratory and field studies were conducted in the presence of a permanent area for study and analysis. The research was conducted in the laboratories of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, the Institute of Horticulture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, and the laboratory of the State Enterprise “State Center for Certification and Expertise of Agricultural Products.” The characteristics of the experimental genus were studied using plants growing in public plantings or in the O. O. Fomin National Botanical Garden. Fomin.

During the analysis of scientific works, it was established that the seeds of this genus are characterized by both physiological and physical dormancy. This feature of the genus is a key factor in the complexity of obtaining planting material of seed origin. Without proper pre-sowing seed preparation, the proportion of successfully germinated seeds decreases from 20% to 0%. In addition to interrupting the physiological dormancy of seeds through cold stratification, it is necessary to overcome the physical hardness of the seed coat, which protects the seed from adverse factors. Most foreign scientists recommend using concentrated acid as a scarifying agent, which is dangerous in seedling production processes. That is why the issue of improving technologies for obtaining planting material of plants of the genus *Cercis* L. remains relevant, taking into account the problems of propagation by various methods.

In the greening of settlements, the problem of the assortment of shrub vegetation and trees of the second and third sizes is relevant. Often, the second tier is completely absent in the parks of Kyiv. To solve this problem, it is necessary to introduce promising, highly decorative, and resistant plant species into the greening system. The spectacular and abundant flowering of pink colors before the leaves bloom for a month makes plants of the genus *Cercis* L. highly decorative in the spring. The morphological and ecological characteristics of the plants of the experimental genus make them promising for use in the greening system of Kyiv. Plants of this genus are characterized by cauliflory – the formation of generative buds over the entire surface of the trunk. In addition, the dense crown perfectly shades the alleys in the summer. Although the genus *Cercis* L. consists of only 7-9 species, it has a significant number of cultivars that differ from each other in color and shape of the flower (double), as well as in the color of the leaf blades and the architecture of the crown, which makes these plants highly decorative throughout the growing season. However, varietal characteristics can be lost during generative reproduction, so it is advisable to improve existing methods and develop new, more modern methods of reproduction.

During research to determine the distribution of plants of the experimental genus in the city of Kyiv, it was established that the largest number of plants of the genus *Cercis* L. grow in the Darnytskyi district (45% of the total number of plants found). In addition, four taxa of the experimental genus grow in the city of Kyiv: *Cercis canadensis* L. (65%), *C. canadensis* ‘Forest Pansy’ (32%), *C. siliquastrum* L. (2%), and *C. siliquastrum* ‘Alba’ (1%).

During observations of plants of the genus *Cercis* L., minor damage to shoots by pests of the family Diaspididae and certain leaf-eating insects was detected. We did not visually detect any damage to plants by disease pathogens.

When assessing the ornamental value of taxa of the genus *Cercis* L., it was found that all the plants studied had a high ornamental value score (32 and above), but the highest ornamental value scores were given to the cultivars *C. canadensis* ‘Carolina sweetheart’ with variegated leaves, and *C. canadensis* ‘Ruby Falls’, which has purple leaves and a weeping crown. These features make the studied cultivars highly

decorative throughout the entire growing season, not just during flowering. Studying the annual development cycle of plants of the genus *Cercis* L., it was found that the average growing season of *C. canadensis* L. was 193 days, while for *C. siliquastrum* ‘Alba’ it was 203 days. In addition to its decorative features, the studied genus has a number of advantages in terms of environmental sustainability.

During research to determine potential drought resistance based on studies of the vegetative parts of plants of the genus *Cercis* L., it was found that *Cercis canadensis* ‘Carolina sweetheart’, *C. canadensis* ‘Vanilla Twist’ and *C. siliquastrum* ‘Alba’ have the best heat resistance, with about 5% damage to the leaf blade at a temperature of 50 °C, while *C. canadensis* L. has average heat resistance with 12% damage to the leaf blade. These results may indicate that the species studied can withstand high unfavorable temperatures for a short period of time. The data on leaf blade water content indicate that *C. canadensis* ‘Carolina sweetheart’ and *C. gigantea* are most sensitive to changes in soil moisture, with water content values of 64.71 % and 63.84 %, respectively. For a comprehensive assessment of potential drought resistance, studies were conducted to determine the water-holding capacity of leaf blades. In particular, the studies found that the leaves of *Cercis canadensis* ‘Vanilla Twist’ and *C. canadensis* L. had the lowest moisture release, with average moisture release rates of 2.12%/hour and 2.10%/hour, respectively. The worst moisture retention capacity was found in the leaves of *C. gigantea* and *C. canadensis* ‘Carolina sweetheart’, with moisture loss rates of 2.62%/hour and 2.68%/hour, respectively. This indicates that plants with higher values will lose turgor and moisture more quickly in arid environmental conditions. Research data on water deficit ranges from 9 to 16%, indicating the average potential drought resistance of species. *C. canadensis* ‘Ruby Falls’ and *C. gigantea* had some of the highest moisture deficit indicators, which can be interpreted as meaning that, as a result of moisture deficiency, plants may experience stunted growth and development. In addition, the potential frost resistance of these species was determined experimentally. It was found that *Cercis canadensis* L. and some of its cultivars had the best tissue condition under laboratory conditions. We assume that the resistance to low temperatures in natural conditions in these taxa

will also be high. It was noted that frost resistance is influenced by both the plant's habitat and its relationship to moisture. In particular, more moisture-loving plants, such as *Cercis gigantea*, *Cercis canadensis* 'Ruby Falls', and *Cercis canadensis* 'Carolina sweetheart', have significantly lower frost resistance. A decrease in air temperature below -25 °C can lead to irreversible changes in the intercellular spaces of these plant species.

As a result of studies on the influence of urban environment factors on morphometric indicators and the accumulation of secondary metabolites in the periderm of shoots, an inverse relationship between internode diameter and length was established.

Biochemical profiling revealed the qualitative composition of phenolic profiles of plants of the genus *Cercis* L. growing in the city of Kyiv. They were characterized by the presence of flavonols, flavonoid aglycones, as well as groups of phenylpropanoid synthesis products, hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acids, and phenolcarboxylic acid conjugates. The phenolic profiles of the test plants indicated that the accumulation of secondary metabolites depends on environmental conditions, humidity, and the level of solar insolation. It was also experimentally confirmed that plants within the genus can be distinguished based on the variability of their phenolic profiles. As a result of cluster analysis, three main groups (clusters) of plants were identified based on the characteristics of their phytochemical profiles. Plants in the first cluster are characterized by growth in sunny areas, but they lack substances with $R_f \sim 0.69$ and $R_f \sim 0.77$. However, the above-mentioned substances are present in the biochemical profiles of plants in the second cluster.

The division of the third cluster into two subclusters is due to the fact that one of them contains a substance with $R_f \sim 0.39$, which was not present in any of the bark and periderm samples of annual shoots.

Plants of the genus *Cercis* L. have fully adapted to climatic and urban growing conditions. We assume that this could have been facilitated by the death of the last 2-3 internodes.

During the study of the stomatal apparatus of the leaf blades of plants of the experimental genus, it was found that the leaves of plants growing in sunny areas have a greater number of stomata than those growing in the shade.

During the determination of soil germination, it was experimentally established that both the active ingredient and its concentration affect germination. Thus, the use of Radifarm and Alga 600 preparations at concentrations of 5 g/l has a negative effect on germination, which varies from 36.7% to 50%.

A significant effect of seed treatment with succinic acid at concentrations of 0.5 g/l and 1 g/l was noted – seed germination ranged from 67% to 73%. The experiment also established that seed treatment with growth stimulants affects the quality of seedlings. In particular, it is worth noting that with higher germination of the control sample *Cercis siliquastrum* 'Alba', the morphometric parameters were significantly lower than in similar seeds treated with succinic acid and amounted to 2.5 ± 0.4 cm and 9.8 ± 2.9 cm, respectively.

In addition, during the determination of laboratory seed germination, the positive effect of cold stratification on the germination of the experimental genus seeds was proven experimentally.

Keywords: judah tree, drought tolerance, frost resistance, in vitro, seedlings, landscaping, urban environment, planting material.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

WPM – Woody Plant Medium

MS – Murashige & Skoog medium

TDZ – тидіазурон

DKW – Driver & Kuniyuki Walnut

6-BA (6-БАП) – 6-бензиламінопурин

ІС НААНУ – Інститут садівництва Національної аграрної академії наук України

IBA (ІМК) – індоліл-3-масляна кислота

NAA (НОК) – 1-нафтилоцтова кислота

GA (ГК) – гіберелінова кислота

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях,

включених до міжнародних наукометричних баз даних

Web of Science Core Collection та/або Scopus

1. **Babyn, O.,** Pinchuk, A., Derii, A., Boyko, O., & Likhanov, A. (2024). Influence of urban environment factors on morphometric parameters and accumulation of secondary metabolites in *Cercis canadensis* L. and *Cercis siliquastrum* 'Alba'. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 15(1), 8-24. <https://doi.org/10.31548/forest/1.2024.08> (Babyn O. проведено аналіз наукових літературних джерел, виконано експериментальну частину досліджень, проведено виміри морфометричних показників пагонів рослини роду *Cercis* L. та профілювання вторинних метаболітів, сформульовано висновки, Pinchuk A. визначено актуальність теми дослідження, уточнено висновки, Derii A. проведено порівняльний аналіз наявних наукових праць, подібних до проведеного дослідження, Boyko O. проведено редагування тексту статті відповідно до вимог видання, Likhanov A. проведена інтерпретація отриманих результатів досліджень, надана лабораторія та місце проведення досліджень, підібрано методики проведення дослідження).
2. **Babyn, O.,** Pinchuk, A., Derii, A., Boyko, O., & Sovakov, O. (2024, October 31). Determination of potential drought and frost resistance on the basis of studies with vegetative parts of plants of the genus *Cercis* L. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1429, 012019). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1429/1/012019> (Babyn O. проведено аналіз наукових літературних джерел, виконано лабораторні дослідження щодо морозостійкості, шляхом лабораторного проморожування, а також потенційної посухостійкості на основі даних, отриманих під час проведення досліджень із визначення жаростійкості, оводненості, вологоутримуючої здатності листових пластинок та вологовіддачі. Зроблено аналізування отриманих результатів дослідження та подано висновки. Pinchuk A.

узагальнено актуальність теми та скориговано кінцеві висновки, розроблено методики дослідження. Derii A. проведено збір вихідного матеріалу на приватному розсаднику та пошук наукових літературних джерел із теми дослідження. Воуко О. виконав форматування тексту та зведення табличних даних відповідно до вимог видання. Sovakov O. виконав фаховий переклад іноземною мовою відповідно до вимог видання).

**Статті в наукових виданнях,
включених до Переліку наукових фахових видань України**

3. **Babyn O. & Pinchuk A. (2025) Особливості генеративного розмноження рослин роду *Cercis L.*** Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 21(2). (Babyn O. проведено збір вихідного матеріалу для дослідження із генеративного розмноження, виконано аналіз результатів досліджень, Pinchuk A. узагальнено актуальність теми, виконано форматування тексту).

Тези наукових доповідей:

4. **Бабин, О. Р., & Пінчук, А. П. (2023). Вплив умов місцезростання на розвиток пагонів рослин роду *Cercis L.* Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми дослідження лісових та урбоекосистем України в умовах воєнного стану»** (с. 19–20, м. Київ, 23 листопада 2023 р.). https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/zbirnik_tez_2023_fin_1.pdf (Бабин О. Р. проведено основні дослідження із визначення впливу умов місцезростання на розвиток пагонів, проаналізовано наукові літературні джерела. Пінчук А. П. провів узагальнення актуальності теми досліджень та висновків).

5. **Бабин, О. Р. (2024). Дія факторів міського середовища на вторинний метаболізм рослин роду *Cercis L.* Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан, проблеми, перспективи та завдання відтворення лісів в умовах антропоцену»** (с. 12–13, м. Київ, 4 квітня 2024 р.). Національний університет біоресурсів і природокористування України.

6. **Бабин, О. Р.,** Пінчук, А. П., & Чорнобров, О. Ю. (2024). Особливості отримання асептичної культури рослин *Cercis L.* в умовах *in vitro*. Тези доповідей учасників II Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми дослідження лісових та урбоєкосистем України в умовах воєнного стану», 20 листопада 2024 року. Київ. (Бабин О. Р. виконав роботи щодо введення в культуру *in vitro* експлантів дослідних видів, провів облік та аналіз отриманих результатів, спільно із авторами розробив протокол стерилізації та сформулював висновки. Пінчук А. П. узагальнив актуальність теми дослідження та приймав участь у розробці режиму стерилізації. Чорнобров О. Ю. провела коригування висновків дослідження, а також коригувала протокол стерилізації експлантів та розробила методику проведення досліджень).

7. **Бабин, О. Р.,** Пінчук, А. П., & Чорнобров, О. Ю. (2025). Регенераційна здатність мікропагонів рослин роду *Cercis L.* *in vitro*. Тези доповідей учасників Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан, проблеми, головні завдання та перспективи відтворення і захисту лісів в умовах зміни клімату», з нагоди 90-річчя від дня народження доктора біологічних наук, професора, академіка ЛАН України, член-кореспондента УААН Циліюрика А. В., 4 березня 2025 року. Київ. (Бабин О. Р. виконав роботи щодо субкультивування експлантів дослідних видів, провів облік та аналіз отриманих результатів та сформулював висновки. Пінчук А. П. узагальнив актуальність теми дослідження, провів редагування тексту відповідно до вимог видання. Чорнобров О. Ю. провела коригування висновків дослідження, а також розробляла методики дослідження і схеми дослідів).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	13
ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1. АРЕАЛ ПОШИРЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН РОДУ <i>CERCIS</i> L.....	24
1.1. Систематика та ареал походження роду <i>Cercis</i> L.	24
1.2. Історія інтродукції рослин роду <i>Cercis</i> L. в Україні.....	27
1.3. Особливості та проблематика розмноження садивного матеріалу рослин роду <i>Cercis</i> L.	28
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА, МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
2.1. Програма робіт.....	38
2.2. Методика та методи досліджень.....	38
2.3. Коротка характеристика кліматичних умов	48
2.4. Таксономічний склад та морфологічна характеристика дослідних рослин роду <i>Cercis</i> L.....	51
РОЗДІЛ 3. ПОШИРЕННЯ ТА ОЦІНКА ДЕКОРАТИВНОСТІ РОСЛИН РОДУ <i>CERCIS</i> L. У МІСЬКИХ НАСАДЖЕННЯХ	56
3.1. Поширення та стан рослин роду <i>Cercis</i> L. у насадженнях м. Києва.....	56
3.2. Річний цикл розвитку та оцінка декоративності рослин роду <i>Cercis</i> L.....	69
РОЗДІЛ 4. АДАПТИВНА СТІЙКІСТЬ РОСЛИН РОДУ <i>CERCIS</i> L. ДО УМОВ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	74
4.1. Вплив умов місцезростання на морфометричні показники та накопичення вторинних метаболітів у пагонах <i>Cercis canadensis</i> L. та <i>Cercis siliquastrum</i> 'Alba'	74
4.2. Визначення потенційної посухостійкості рослин роду <i>Cercis</i> L.....	95
4.3. Визначення морозостійкості рослин роду <i>Cercis</i> L. шляхом лабораторного проморожування.....	104
РОЗДІЛ 5. ОСОБЛИВОСТІ РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН РОДУ <i>CERCIS</i> L. ...	111
5.1. Визначення лабораторної схожості насіння рослин роду <i>Cercis</i> L.....	111
5.2. Визначення ґрунтової схожості насіння видів роду <i>Cercis</i> L.	114

5.3. Особливості мікроклонального розмноження рослин <i>Cercis canadensis</i> L. та <i>Cercis siliquastrum</i> ‘Alba’	122
5.4. Перспективи використання садивного матеріалу роду <i>Cercis</i> L. для міського озеленення у різних типах посадок	137
ВИСНОВКИ.....	143
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	147
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	148
ДОДАТКИ.....	164

ВСТУП

Актуальність дослідження. В озелененні населених пунктів України існує велика проблема з асортиментом кущів та дерев другої і третьої величини. Кущовий і другий ярус часто взагалі відсутні в парках м. Києва. Вирішенням цієї проблеми необхідно займатися і вводити перспективні високодекоративні види і культивари. Додатково свій вплив має і зміна клімату та посилене антропогенне навантаження на зелені насадження, що змушує проводити пошук більш стійких рослин як до абіотичних, так і біотичних чинників. Аборигенні види часто мають велику кількість шкідників та збудників хвороб, які здатні уражувати рослинний організм, що загалом зменшує їхню стійкість у порівнянні з інтродукованими видами. Окрім цього, рослини з унікальними декоративними особливостями, такими як: яскраве квітування, унікальне забарвлення листя або аромат має позитивний вплив на міське населення в розрізі психологічного розвантаження та релаксу. До таких відносять і рослини роду *Cercis* L. Особливу увагу слід приділити високій декоративності рослин дослідного роду у весняний період, адже період квітування починається до розпускання листя та триває близько 30 днів. Окрім цього, для роду *Cercis* L. притаманне явище кауліфлорії – утворення генеративних бруньок не тільки на річних пагонах, а і по всьому стовбурі та більш старих гілках. З огляду на біологічні особливості цей рід є перспективним до використання в озелененні м. Києва, адже має тривалий період квітування, досить щільну крону, яка створюватиме тінистий мікроклімат для мешканців міста.

Актуальність теми дослідження полягає у вивченні екологічних особливостей рослин роду *Cercis* L., технології розмноження садивного матеріалу для потреб міста та науково-обґрунтоване його використання з урахуванням особливостей видів дослідного роду. Беручи до уваги проблематику отримання саджанців, постає актуальне питання щодо розробки та вдосконалення існуючих технологій вирощування та розмноження садивного матеріалу рослин роду *Cercis* L.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційне дослідження пов'язане з науково-дослідною роботою по договору № БФ/37-2021 від 02.08.2021 року на виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Аграрні науки та ветеринарія» в межах прикладного дослідження «Управління лісовими ресурсами та парковими системами в умовах воєнного стану» (2024 р.) НДІ лісівництва та декоративного садівництва.

Мета та завдання дослідження.

Метою дисертаційної роботи є оцінка екологічних особливостей рослин роду *Cercis* L. та технології вирощування садивного матеріалу в умовах м. Київ. Відповідно до сформованої мети були поставлені такі завдання для дисертаційної роботи:

- на основі аналізу літературних джерел дати морфологічну та екологічну характеристику дослідним видам;
- розробити експерименти щодо генеративного та вегетативного розмноження рослин роду *Cercis* L.;
- провести дослідження щодо лабораторної схожості насіння видів роду *Cercis* L.;
- розробити дослідження для вивчення впливу факторів міського середовища на морфометричні показники та накопичення вторинних метаболітів у пагонах рослин роду *Cercis* L.;
- лабораторними методами визначити потенційну посухостійкість та морозостійкість рослин роду *Cercis* L.;
- здійснити інвентаризацію зелених насаджень м. Київ на предмет наявності рослин роду *Cercis* L.;
- згідно з наявними методиками провести оцінювання декоративності рослин роду *Cercis* L.;
- надати рекомендації щодо оптимальних способів і методів розмноження та отримання садивного матеріалу рослин дослідного роду.

Об'єкт дослідження – деревні рослини роду *Cercis* L.: *Cercis canadensis* L., *Cercis siliquastrum* L. та їхні культивари.

Предмет дослідження – екологічні особливості та технології розмноження рослин роду *Cercis* L.

Методи дослідження.

Задля забезпечення проведення дисертаційного дослідження було застосовано такі методи та методики:

- статистичні (статистичний аналіз отриманих результатів дослідження з допомогою MS Excel та іншого обчислювального комп'ютерного програмного забезпечення);
- загальнобіологічні (проведення мікроклонального розмноження згідно із загальноприйнятими біотехнологічними методиками);
- емпіричного дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

- проведено аналіз зелених насаджень на предмет наявності рослин роду *Cercis* L. у м. Київ;
- визначено екологічні особливості рослин роду *Cercis* L. в умовах м. Києва;
- досліджено вплив міських умов на морфометричні показники рослин дослідного роду;
- виявлено специфічну особливість видів роду *Cercis* L. щодо відмирання частини верхівкових міжвузль;
- проведене біохімічне профілювання вторинних метаболітів у тканинах перидерми пагонів рослин дослідного роду.

Уточнено:

- терміни фенологічних фаз роду *Cercis* L. в умовах м. Києва;
- особливості технології розмноження садивного матеріалу різними способами;

- оцінку декоративності рослин роду *Cercis* L.;
- потенційну посухо- та морозостійкість лабораторними методами;
- розроблено протокол стерилізації експлантів *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* 'Alba'.

Практичне значення одержаних результатів досліджень.

На основі проведених досліджень із вивчення екологічних особливостей рослин роду *Cercis* L. цей рід є перспективним до використання в системі зелених насаджень м. Київ. Удосконалено технологію розмноження садивного матеріалу генеративним способом та надані відповідні рекомендації щодо вирощування. Розроблений протокол стерилізації вихідного матеріалу для введення в культуру *in vitro*, а також надані рекомендації щодо подальшого мікроклонального розмноження.

Проведено характеристику принципів відмінностей рослин роду *Cercis* L. на прикладі *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* L.

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі при викладанні дисциплін «Декоративне розсадництво з основами насінництва», «Сучасні технології та нормативно правова база декоративного розсадництва»

Особистий внесок здобувача.

Здобувачем здійснений самостійний аналіз наукових літературних джерел з теми дисертаційного дослідження. Проведено експериментальну частину та виконано статистичну обробку результатів цих експериментів. Здійснений аналіз отриманих результатів дослідження та сформувані висновки на їхній основі спільно з науковим керівником. У спільних наукових працях здобувачу належить проведення всіх експериментальних досліджень, проведення аналізу поставлених завдань відповідно до проблематики на основі отриманих результатів, формування у співавторстві висновків досліджень.

Апробація матеріалів дисертації.

Основні положення дисертаційного дослідження обговорено на:

Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми дослідження лісових та урбоєкосистем України в умовах воєнного стану»

(м. Київ, 23 листопада 2023 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасний стан, проблеми, перспективи та завдання відтворення лісів в умовах антропоцену» (м. Київ, 4 квітня 2024 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми дослідження лісових та урбоєкосистем України в умовах воєнного стану» (м. Київ, 20 листопада 2024 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасний стан, проблеми, головні завдання та перспективи відтворення і захисту лісів в умовах зміни клімату», з нагоди 90-річчя від дня народження доктора біологічних наук, професора, академіка ЛАН України, член-кореспондента УААН Цилюрика А. В. (м. Київ, 4 березня 2025 року.)

Публікації.

За темою дисертаційного дослідження опубліковано 7 наукових праць, серед яких дві статті в науковому виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science Core Collection та / або Scopus, одна стаття в науковому виданні, включеному до Переліку наукових фахових видань України та чотири тези доповідей на наукових та практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертаційної роботи.

Дисертація містить анотацію українською та англійською мовами, вступ, 5 розділів, висновки, рекомендації з виробництва садивного матеріалу, список використаних літературних джерел та додатки. Дисертація викладена на 173 сторінках, у тому числі на 131 сторінках основного тексту. Робота містить 23 таблиці, 74 рисунків та 9 додатків. Список використаної літератури налічує 140 найменування, із них 109 латиницею.

РОЗДІЛ 1

АРЕАЛ ПОШИРЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН РОДУ *CERCIS* L.

1.1. Систематика та ареал походження роду *Cercis* L.

Рослини роду *Cercis* L. мають високий потенціал використання в озелененні та ландшафтній галузі через свої декоративні особливості, до яких відносять: яскраве забарвлення квітів, які квітнуть до розпускання листя, серцеподібну форму листків, зигзагоподібну архітектуру гілок (Lamb et al., 1975; Dirr & Heuser, 1987; Clark & Bachtell, 1992; Zencirkiran, 2008). Окрім цього, певні види характеризуються досить високою стійкістю до екологічних чинників, вони толерантні до посушливих періодів, загазованості повітря та ґрунтів з обмеженим умістом поживних речовин (Zahreddine et al., 2007).

За даними Заячука В. Я. (2014) рід *Cercis* L. належить до родини *Fabaceae* Lindl., підродини *Cesalpinoideae* Taub. та включає в себе 7 видів, що зростають на території Північної Америки, Середземномор'я, Південно-Східної та Східної Азії. Найбільш поширений на території України є *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* L. Водночас китайські вчені поділяють рід *Cercis* L. на 9 видів, що складаються в основному з листяних дерев та великих чагарників, які поширені в низьких та середніх широтах Північної півкулі (Li et al, 2020). Dianxiang (1999) характеризує рід із 8 видів, які зростають у помірних широтах Китаю, Північної Америки та Середземномор'я. Автори також зазначають, що в Середземномор'ї від Пакистану та Афганістані на сході та до Франції і Греції на заході в ландшафтному будівництві використовується лише один вид *Cercis orientalis* L., на нашу думку, маючи на увазі саме *C. siliquastrum* L. За кордоном цей рід також поширений за назвою *redbud*, за рахунок характерного забарвлення бруньок та квітів. На відміну від спорідненого роду *Bauhinia* L., який має пантропічний характер поширення (Sinou et al., 2009), ареал *Cercis* L. простягається від субтропічних та південних регіонів теплого помірного клімату материкового

Китаю, Центральної та Західної Азії до південної Європи, південно-західної частини США та сходу Північної Америки (Isely, 1975 ; Chen et al., 2010 ; Fritsch & Круз, 2012). Таку модель поширення *Cercis* L. науковці пояснюють палеофітогеографічними обмеженнями цього роду, який був широко розповсюджений у палеогені та неогені (рис. 1.1).

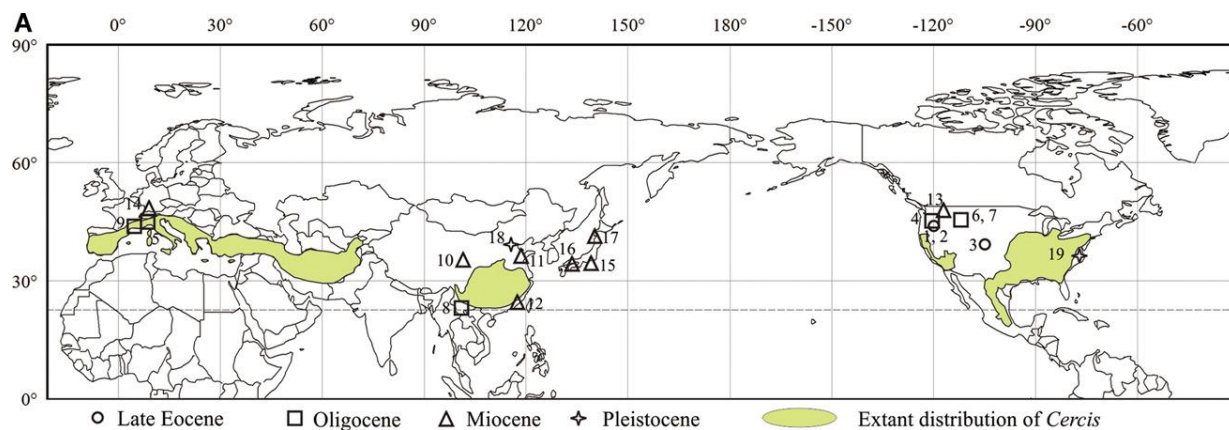


Рис. 1.1. Ареал поширення сучасних та викопних рослин роду *Cercis* L. (Li et al, 2020)

Учені припускають, що таке обмеження було спричинене похолоданням і висиханням клімату з олігоцену (Manchester, 1999; Wen, 1999; Tiffney & Manchester, 2001; Zachos et al., 2001; Davis et al., 2002; Huang et al., 2015).

Як зазначає Azani et al. (2017) сучасна підродова класифікація відносить рід *Cercis* L. до монофілогенетичної підродини *Cercidoideae*. Цей рід вивчали за допомогою молекулярної філогенетики для перевірки його фітогеографічної історії в Північній півкулі (Davis et al., 2002; Fritsch & Cruz, 2012; Fritsch et al., 2018). Учені Fritsch & Cruz (2012) використовували послідовності ДНК, щоб визначити три основні монофілетичні кластери: *Cercis chingii* Chun, non-*Cercis chingii* китайський та північноамерикансько-західноєвразійський. Одночасно оцінено час інфрагентної дивергенції для перших двох груп близько 35 млн років та 19 млн років для решти двох (рис. 1.2).

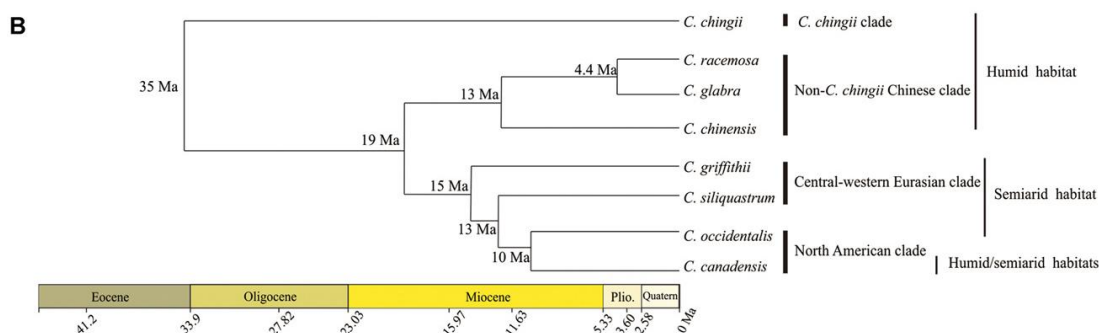


Рис. 1.2. Орієнтовний вік основних кластерів роду *Cercis* L. на основі ДНК аналізу викопних рештків (Li et al., 2020)

Таке оцінювання віку розходження основних ознак калібрувалися на основі старого збереженого листя та викопних плодів із пізнього еоцену на території Sheep Rock Creek штату Орегон, США. Пізніше було визнано, що флора Sheep Rock Creek значно старша. Хоч викопні рештки знайдені на території Північної Америки, як видно з рисунка 1.2, філогенетичні кластери молекулярних даних інтерпретовані в такий спосіб, що сучасні лінії роду *Cercis* L. мають східноазійське походження. В Азії найстаріші відомі рештки досліджуваного роду це неповний скам'янілий біб, який ідентифіковано як *Cercis* sp. періоду олігоцену Юннаню південно-західного Китаю. Обмеженість чітких викопних решток часів палеогену ускладнила розуміння ранньої еволюції, диверсифікації роду та ідентифікацію того, як формувалось сучасне поширення кайнозойських реліктів роду *Cercis* L.

Хоч значну частку викопних решток роду *Cercis* L. було ідентифіковано в Північній півкулі, Jia & Manchester (2014) не беруть до уваги деякі з них з причини відсутності діагностичних ознак (вузьке крило без жилок на нижньому боці бобів тощо). Отже, скам'янілості, які повністю демонструють спорідненість із родом *Cercis* L. зосереджені в трьох зонах: США, східний Китай та Японія, а також Центральна Європа.

1.2. Історія інтродукції рослин роду *Cercis* L. в Україні

Рослини роду *Cercis* L. належать до родини *Fabaceae* Lindl., вони є представниками давньої флори Землі, що існували в крейдяному періоді (APG IV). Як зазначає Колдар Л. А. & Оксантиук В. М. (2022), інтродукція рослин дослідного роду розпочалася ще в XVII ст., проте в Україну рід *Cercis* L. потрапив лише в XIX ст. у Кременецький ботанічний сад (Тернопільська обл., м. Кременець), який був заснований у 1807 році при Вищій Волинській гімназії (згодом – Кременецький ліцей), а вже в 1816 році перші рослини роду *Cercis* L. зростали на території ботанічного саду (Косенко І. & Пилипюк В., 2016). Окрім цього значний вклад в інтродукцію рослин роду *Cercis* L. мав Національний дендропарк «Софіївка». Зі слів Косенко І. С. *та ін.* (1996), історія інтродукції цього роду в дендропарку «Софіївка» почалася в 1851 році, зазначаючи, що серед рослин, які зростали на території парку, було і Іудине дерево. Рева М. Л. акцентує увагу, що систематичні інтродукційні роботи почались лише в 1886 році, коли професор Пашкевич В. В. масово вводив у культуру екзотичні рослини. У цей період на території парку зростало чотири 12-річні дерева *Cercis siliquastrum* L., у яких відбувалось плодоношення та розмноження самосівом (Рева М. Л., 1963). Хоч у звіті за 1960 рік і згадується наявність рослин *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* L., проте за даними Косенка І. С., в парку зростав лише один вид – *Cercis canadensis* L. (Косенко *та ін.*, 1996).

За даними Koldar L. (2020), роботи з інтродукції щодо рослин роду *Cercis* L. призупинились до 2001 року. Утім таксономічний склад дендропарку станом на 2012 рік налічував 5 видів та 2 культивари, у загальній кількості рослин 87 шт., 54 % від загальної кількості рослин роду представлена видом *Cercis canadensis* L., тому що, як зазначає Колдар Л. А. (2013), рослини цього виду менш вибагливі до умов зростання. Таксономічний склад роду *Cercis* L. Національного дендропарку «Софіївка» представлений видами *C. canadensis* L., *C. siliquastrum* L., *C. chinensis* Bunge, *C. occidentalis* Torr. ex A. Gray, *C. griffithii* Boiss., *C. canadensis* 'Forest Pansy' та *C. siliquastrum* 'Albida'. Автор дослідження

відмічає, що найбільш цінним і рідкісним видом є *C. griffithii* Boss., садивний матеріал якого отриманий із насіння рослин, що зростають на території Ботанічного саду Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара. Проте, як зазначає Колдар Л. А. (2013) у цій же праці, цей вид за період досліджень генеративних органів не утворив. *C. chinensis* Bunge квітує, але не утворює плодів (матеріал отриманий із ботанічного саду Одеського національного університету ім. Мечникова І. І.), сіянці *C. occidentalis* Torr. отримані з Ботанічного саду Ужгородського національного університету.

Михайлович Н. В. (2015), проводячи аналіз видового складу Ботанічного саду Ужгородського університету, відмітила зростання на території дослідного об'єкту *Cercis griffithii* Bunge, який відноситься до Ірано-Туранської флористичної області, проте в своїй роботі не згадала про *C. occidentalis* L. Під час досліджень щодо деревно-чагарникових насаджень мікрорайону «Малий Галагов» м. Ужгород, Бесеганич *та ін.* (2020) засвідчили зростання рослин *C. siliquastrum* L. у сквері «Малий Галагов» та у сквері на Народній площі в загальній кількості 5 шт.

1.3. Особливості та проблематика розмноження садивного матеріалу рослин роду *Cercis* L.

Найпростішим способом розмноження садивного матеріалу будь-яких рослин є генеративний, але такий спосіб має як переваги, так і низку недоліків (Маурер, 2007). До переваг генеративного розмноження належить вища стійкість отриманого садивного матеріалу до впливу екологічних чинників (у такий спосіб відбувається інтродукція екзотичних видів рослин, до яких можна віднести й дослідний рід *Cercis* L.). Дослідженнями, які присвячені генеративному розмноженню рослин роду *Cercis* L., займались низка закордонних вчених. Вплив різних груп фітогормонів на схожість насіння *Cercis siliquastrum* L. вивчала група науковців із Сербії (Grbić *et al*, 2014). Суть їхніх досліджень полягала у вивченні впливу гіберелінової кислоти в поєднанні з холодною

стратифікацією насіння, а також здатність гіберелінової кислоти до порушення стану спокою насіння й підвищення його загальної схожості (рис. 1.3).

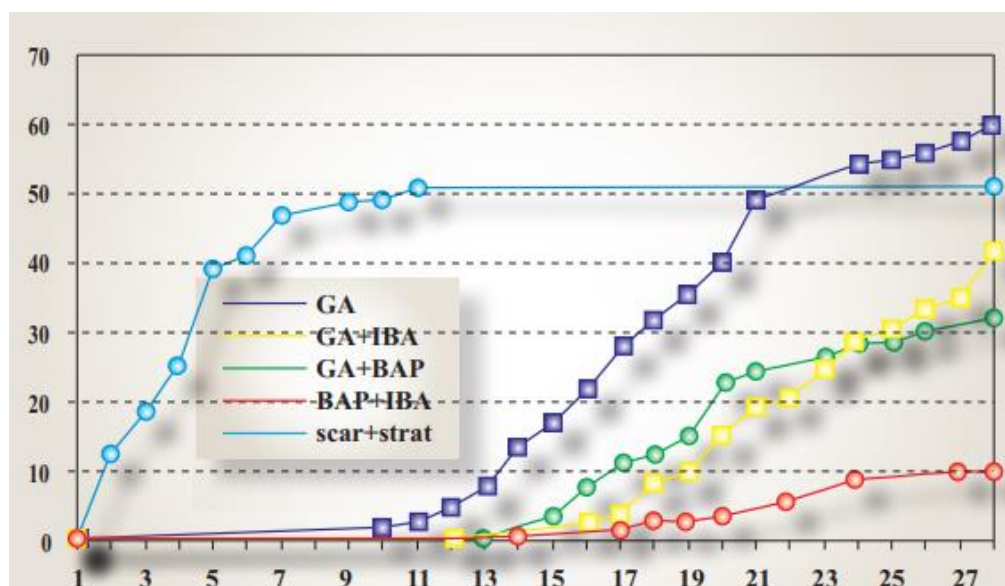


Рис. 1.3. Вплив різних способів обробки на схожість насіння *C. siliquastrum* L. (Grbić *et al*, 2014)

У результаті проведених досліджень вони стверджують, що гіберелінова кислота має істотний вплив на схожість насіння *Cercis siliquastrum* L., проте вони не рекомендують одночасно поєднувати обробку насіння гібереліновою кислотою і холодну стратифікацію, пояснюючи це тим, що гіберелінова кислота за температури 4 °C не проявлятиме свої фізіологічно активні властивості.

Вплив часу холодної стратифікації проводили грецькі вчені (Pirinis *et al*, 2011). Суть їхніх досліджень полягала в перевірці, як змінюватиметься схожість насіння *Cercis siliquastrum* L. за різної експозиції скарифікації сірчаною кислотою та тривалості холодної стратифікації. Схема експерименту виглядала так: насіння піддавалось дії концентрованої сірчаної кислоти (95-97 %) упродовж 20, 40 та 60 хв. Після скарифікації насіння піддавалось холодній стратифікації 2-4 °C у вологому річковому піску впродовж 1, 2, 3 та 4 місяців. За результатами досліджень встановлено, що насіння, яке не піддавалось ні скарифікації, ні стратифікації, не проросло. Найкращим результатом схожості характеризувалось насіння, яке скарифікували кислотою впродовж 20-60 хв та піддавали холодній стратифікації упродовж 3 місяців (схожість досягала 88-

98 %). Результати досліджень Pipinis *et al.* (2011) підтверджуються даними Gebre & Karam (2004). Учені повідомили, що не скарифіковане насіння не проявляло ознак поглинання води або проростання через свою тверду насіннєву оболонку. Чинники твердої насіннєвої оболонки, який пригнічує проростання насіння, також вивчався для декількох видів родини *Leguminosae* (Demel, 1996; Sacheti and AlRawahy, 1998; Sy *et al.*, 2001; Orozco-Almanza *et al.*, 2003; Pipinis *et al.*, 2005).

Окрім цього скарифіковане, але не стратифіковане насіння, також не проросло, що свідчить про притаманне насінню явище ендogenousного спокою. Як зазначає Martinucci *et al.* (1985) ендogenousний спокій насіння може бути пов'язаний із наявністю ферулової кислоти в ендоспермі, яка обмежує доступність кисню для зародка. Gebre & Karam (2004) відзначають позитивний вплив механічної скарифікації насіння, оптимальний строк холодної стратифікації вони визначають як 16 тижнів, із даних досліджень Pipinis *et al.* (2011) зрозуміло, що тривалість холодної стратифікації можна зменшити, використовуючи попередньо скарифікацію кислотою. Термін холодної стратифікації зменшується до 3 місяців. Учені припускають, що це може бути результат різного способу скарифікації насіння або в різниці ступеню ендogenousного спокою насіння одного виду під впливом різних умов місцезростання (Fenner, 1991; Anderson & Milberg, 1998; Cavieres & Arroyo, 2000; Rosner *et al.*, 2003; Fenner & Thompson, 2005). Варто також зазначити, що Tipton (1992) у своїх дослідженнях також зазначав, що насіння *Cercis canadensis* var. *mexicana* теж не проростало без скарифікації та холодної стратифікації.

Zencirkiran *et al.* (2010) відмічають позитивний вплив трьох різних способів скарифікації насіння: механічний, зануренням у кислоту або в гарячу воду. У своїх дослідженнях автори використовували замочування насіння в концентрованій H_2SO_4 упродовж 30 хв із подальшою холодною стратифікацією терміном 8 тижнів за температури 1-5 °C. За таких умов їм вдалось досягти близько 85 % схожого насіння. Як зазначає Liu *et al.* (1981) обробка насіння кислотою забезпечує дещо кращі та стабільніші результати.

Серед вітчизняних вчених насіннєвим розмноженням рослин роду *Cercis* L. займалась також Л. А. Колдар. У своїй праці вона описує вплив терміну пікірування сіянців на морфометричні показники та ступінь приживлюваності розсади видів роду *Cercis* L. (Колдар, 2003). Авторка зазначає, що насінню дослідного роду притаманне явище «твердонасінності», що так само негативно впливає на енергію проростання, саме тому пікірування вона проводила в три етапи: 05.06; 15.06; та 25.06.2003 року. Дані її досліджень вказують на пряму кореляцію строків пікірування й морфометричних показників сіянців, таких, як: висота сіянців, товщина стовбура в зоні кореневої шийки та діаметр крони.

Забезпечення якісного садивного матеріалу розглядалося як визначальний чинник створення декоративних і стійких зелених насаджень у міських умовах, однак традиційні методи розмноження рослин роду *Cercis* L. виявлялися малоефективними через складність укорінення та ризик втрати донорних ознак. N. Nimavat & P. Parikh (2024) зазначали, що генеративне розмноження супроводжувалося генетичною нестабільністю та розщепленням декоративних характеристик сіянців, що негативно впливатиме на збереження цінних ознак рослин і обмежуватиме застосування цього методу для культиварів *Cercis* L. Дослідження Л. А. Колдар (2016) засвідчило низький рівень вкорінення живців *Cercis griffithii* Boss., який коливався в межах 3,5-6 %, що підтвердило проблематичність живцювання видів роду *Cercis* L.

Традиційні методи вегетативного розмноження рослин роду *Cercis* L. часто виявляються малоефективними через складність укорінення та низьку регенераційну здатність, що обмежує масове розповсюдження цих цінних декоративних видів у садово-парковому господарстві та ландшафтному дизайні, а тому актуальним є застосування методів мікроклонального розмноження. Вивчення особливостей мікроклонального розмноження рослин роду *Cercis* L. є необхідним через складність традиційного вегетативного розмноження цих декоративних деревних видів, що обмежує їхнє широке використання в садово-парковому господарстві та ландшафтному дизайні. Рослини дослідного роду цінуються за високу декоративність, зокрема їхньому яскравому цвітінню та

ефектному забарвленню листя, однак їхнє живцювання або розмноження відводками часто виявляється малоефективним через низький відсоток укорінення й слабку регенераційну здатність. Застосування методів мікроклонального розмноження *in vitro* дає змогу вирішити проблему збереження й розмноження цінних генотипів *Cercis* L., забезпечуючи отримання здорового та однорідного посадкового матеріалу у великих кількостях. Вивчення процесів стерилізації, оптимізації складу поживного середовища та регенераційної здатності експлантів дає можливість розробити ефективну біотехнологічну схему отримання асептичних культур, стимулювати активне утворення пагонів і забезпечити успішне укорінення рослин-регенерантів.

У зв'язку з цим A. Ram & D. Thomas (2024) обґрунтовували доцільність використання мікроклонального розмноження, як ефективної альтернативи, яка давала можливість забезпечити масове отримання однорідного та оздоровленого садивного матеріалу зі збереженням усіх цінних донорних ознак за короткий термін (Chornobrov et al., 2023). Подібні висновки демонстрували Войтовська та ін. (2020), які у своєму дослідженні вивчали особливості стерилізації різних типів експлантів *Rhododendron* L. та їхнє подальше розмноження в умовах *in vitro*. Автори довели, що оптимізація стерилізаційних режимів є ключовим етапом успішного мікроклонального розмноження, оскільки забезпечує отримання асептичної культури з високим рівнем життєздатності. Дослідники підкреслили, що саме методи мікроклонального розмноження давали змогу зберегти цінні декоративні ознаки, властиві рослинам-донорам, та забезпечити масове отримання однорідного садивного матеріалу, що є недосяжним за генеративного та традиційного вегетативного розмноження.

Водночас A. Eisold et al. (2024) у комплексному дослідженні розглядали можливості використання мікроклонального розмноження для вирощування декоративних деревних рослин із цінними декоративними властивостями. Автори зазначали, що традиційні методи розмноження часто супроводжуються значними труднощами через низький відсоток укорінення та втрату сортових ознак, натомість технологія *in vitro* забезпечувала стабільність генетичних

характеристик і давала змогу в короткі строки отримати велику кількість оздоровлених рослин. Дослідники зробили висновок про доцільність і ефективність застосування мікроклонального розмноження як альтернативи традиційним методам у декоративному розсадництві для вирощування високоякісного посадкового матеріалу.

Chmielarz P. et al. (2023) наголошували, що ефективність мікроклонального розмноження значною мірою залежала від генотипу рослин-донорів та їхнього фізіологічного віку, продемонструвавши можливість успішного отримання мікропагонів навіть від дерев *Quercus robur* L. віком до 800 років. Дослідження О. Chornobrov & S. Bilous (2021) та Chornobrov et al. (2023) засвідчило, що технології *in vitro* забезпечували збереження цінних генотипів та отримання високоякісного рослинного матеріалу для потреб розсадництва.

Водночас J. Nath et al. (2024) підкреслювали важливість розробки ефективних протоколів стерилізації експлантів і врахування особливостей росту тканин деревних рослин для отримання життєздатних асептичних мікропагонів із високою регенераційною здатністю. Отже, аналіз наукових праць підтверджував актуальність застосування мікроклонального розмноження як ефективного інструменту для отримання високоякісного посадкового матеріалу рослин роду *Cercis* L., придатного для використання в садово-парковому господарстві та ландшафтному дизайні.

Мікроклональним розмноженням рослин роду *Cercis* L. займалась низка вчених. Зокрема, Колдар & Небиков (2007) досліджували вплив різних варіантів живильних середовищ MS (Murashige & Skoog) на адвентивну регенерацію рослин роду *Cercis* L. (Murashige & Skoog, 1962). З їхньої роботи можна зробити висновки, що найкращим живильним середовищем для розмноження *Cercis chinensis* Bunge є модифікація MS із додаванням 2,0 мг/л БА (N^6 -Benzyladenine), 0,5 мг/л 3-IAA (3-Indoleacetic acid), та 0,05 мг/л 2,4-D (2,4-Dichloro-phenoxyacetic acid). Коефіцієнт розмноження складав 3,4 та 11,4 для відповідно першого та другого пасажу (Колдар, 2013). Розмноженням *Cercis glabra* Pamp. *in vitro* з акцентом на отримання поліплоїдних життєздатних рослин займалися Nadler et

al. (2012). Вони вивчали вплив оризаліну на індукування поліплоїдії різним способом обробки експлантів (Nadler et al., 2012).

Під час мікроклонального розмноження Колдар & Небиков (2007) встановили, що найвищий показник стерильних експлантів (74,5 – 89,7 %) було отримано за поверхневої стерилізації дихлоридом ртуті в концентрації 0,1 %. Для забезпечення високого коефіцієнта пагоноутворення автори рекомендують використовувати комбінацію фітогормонів бензиладеніну та нафтилоцтової кислоти в концентраціях відповідно 1,5 мг/л та 0,5 мг/л із живильним середовищем Murashige & Skoog (MS). Коренеутворення вчені індукували за допомогою культивування експлантів на живильному середовищі MS із додаванням індоліл-3-масляної кислоти (1,0 мг/л) упродовж 15 діб, а після на живильному середовищі MS без фітогормонів.

Як зазначають Chornobrov O. & Tkachova O. (2021) у своїй роботі, на ефективність стерилізації впливає низка чинників, зокрема і генотип рослин-донорів. За оптимізації протоколу стерилізації листяних рослин вчені застосовували ступінчасту стерилізацію, використовуючи такі речовини: розчин етилового спирту (70 %), розчин гіпохлориту натрію (5 %) та нітрат срібла (2 %). Для покращення стерилізації автори наукової роботи попередньо обробляли пагони розчином фунгіцидів (0,1 % «Самшит» (дифеноконазол, 200 г/л + крезоксим-метил, 100 г/л) та 0,3 % «Фундазол» (беноміл 500 г/кг)): обприскували та замочували. Найкращий результат щодо ефективності стерилізації, показали пагони, які були попередньо замочені на 24 год у фунгіциді, а потім стерилізовані етиловим спиртом упродовж 1-2 хв, із подальшим витримуванням у розчині гіпохлориту натрію упродовж 10 хв і остаточно перенесені в розчин нітрату срібла на 9-10 хв. Зокрема, під час розмноження *Sansevieria trifasciata* Prain. учені (Panneerselvam et al., 2024) застосовували стерилізацію у два етапи. Вони зазначають, що на першому етапі не вдалося оптимізувати стерилізацію листових експлантів через їхнє надмірне поверхнєве зараження, тому вони використали потрібну стерилізацію етиловим спиртом (70 %) з різним часом експозиції. Як встановили українські вчені Євпак

& Бублик (2024), на ефективність стерилізації також впливав термін введення в культуру *in vitro*. Експланти, які вводили в зимовий період, мали найвищий показник стерильності (близько 90 %), тоді як експланти, що ввели в культуру *in vitro* влітку, мали показник стерильності лише 21 %. Під час розмноження *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott вченими з Узбекистану живці промивали в проточній воді від твердих частинок та пилу. Учені також використовували ступінчасту стерилізацію. Вихідні експланти стерилізували в розчині доместосу (діюча речовина гіпохлорит натрію, 10 %) упродовж 30 хв із подальшим відмиванням 7 разів у дистильованій воді. Додатково витримували пагони в розчині фунгіциду впродовж 20 хв із подальшим перенесенням експлантів у розчин етилового спирту (70 %) на 2 хв для видалення залишків гіпохлориту натрію. У результаті застосування такого протоколу стерилізації вчені отримали близько 46 % стерильних експлантів (Abduganiyeva et al., 2024).

Також у культурі *in vitro* розмножували *Cercis canadensis* L. американські вчені на чолі з Wenhao Dai. Стерилізацію експлантів вони проводили за допомогою 70 % розчину етилового спирту з подальшим переміщенням експлантів у 0,6 % розчин гіпохлориту натрію на 15 хв, який містив 3 краплі рідкого мила на 100 мл. Потім пагони тричі промивали в дистильованій стерильній воді та насухо промокали у стерильних паперових рушниках. Мікророзмноження вони проводили на 3 живильних середовищах MS, Driver & Kuniyuki Walnut (DKW) та Wood Plant Medium (WPM) із додаванням цитокінінів, зокрема BA та TDZ (Driver & Kuniyuki, 1984; McCown & Lloyd, 1981; Dai et al., 2005). Аналізуючи роботи закордонних учених, які займались безпосередньо розмноженням рослин роду *Cercis* L., можна зробити висновок, що найпоширенішими були варіанти живильного середовища за MS. Так, розмножуючи *Cercis yunnanensis* Hu et Cheng, науковці Eunju Cheong & Margaret R. Pooler (2003) порівнювали вплив різних регуляторів росту та типів експлантів на утворення пагонів та регенерацію в умовах *in vitro*. Їхні результати свідчать, що найкращий коефіцієнт мікропагоноутворення досягався за використання живильного середовища MS із додаванням BA окремо або в поєднанні з TDZ.

Коефіцієнт розмноження становив близько 3 шт. Водночас, якщо використовувати безгормональне живильне середовище, коефіцієнт розмноження складав майже вдвічі менше, а саме 1,6 пагонів.

Під час мікроклонального розмноження Len Burkhardt & Martin Meyer (1990) зазнали проблеми, коли низькі концентрації бензиладеніну не давали ефективного коефіцієнту розмноження, а збільшення концентрацій цього фітогормону призводило до некрозу верхівок молодих мікропагонів. Цю проблему автори змогли розв'язати додаванням до живильного середовища тидіазурону (TDZ). У результаті проведених робіт із розмноження автори зазначають, що через 4 тижні культивування експлантів на живильному середовищі WPM із додаванням 0,1 мкМ TDZ та 5 мкМ BA середня кількість пагонів на експлант становила 4,6 шт. у порівнянні з іншими варіантами живильних середовищ.

Окрім мікроклонального розмноження, *Cercis* розмножували традиційними методами вегетативного розмноження рослин. R. L. Geneve (1991) зазначає, що стебловими живцями ці рослини роду розмножується неефективно, тому часто використовують літню окуліровку. Проте, за дослідженнями автора цей спосіб досить дороговартісний з огляду на те, що приживлюваність окуліровок складає менше 50 %. Тому вчений рекомендує використовувати мікроклональне розмноження.

Попри велику кількість публікацій із мікроклонального розмноження рослин роду *Cercis*, потрібно розробляти методику індивідуально для кожної рослини, оскільки на експлант в умовах *in vitro* діє ціла низка чинників.

Висновки до розділу 1:

– До роду *Cercis* L. належать як деревні так і чагарникові види рослин, ареал яких простягається в помірних широтах Північної півкулі від Китаю до Середземномор'я та на півдні США.

– Вітчизняні учені виділяють 7 видів у межах роду, а закордонні, зокрема, китайські налічують 9 видів.

– Інтродукція роду *Cercis* L. в Україну почалася із Кременецького ботанічного саду у XIX ст.

– Значний вклад в інтродукцію даного роду мав Дендрологічний парк «Софіївка» в якому, починаючи із 1851 року, велися роботи з інтродукції та адаптації видів роду до ґрунтово-кліматичних умов України.

– З урахуванням досвіду закордонних та вітчизняних вчених, рослини роду *Cercis* L. традиційними методами вегетативного розмноження розмножувати економічно дорого та важко.

– Застосовуючи метод мікроклонального розмноження варто приділяти увагу процесу отримання асептичної культури та індивідуально для кожної рослини-донора підбирати склад живильного середовища з метою покращення коефіцієнта розмноження.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА, МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма робіт

У програму робіт були включені такі пункти:

- пошук та опрацювання літературних та Інтернет-джерел із теми дисертаційного дослідження. Зокрема аналіз літературних джерел щодо ареалу походження роду *Cercis* L., вибагливість до умов місцезростання;
- постановка проблематики та актуальності обраної теми дослідження;
- на основі аналізу літературних джерел дати морфологічну та екологічну характеристику дослідним видам;
- скласти схему експерименту щодо генеративного та вегетативного розмноження;
- провести дослідження лабораторної схожості насіння роду *Cercis* L.;
- дослідити вплив факторів міського середовища на морфометричні показники та накопичення вторинних метаболітів у пагонах *Cercis canadensis* L. та *C. siliquastrum* 'Alba';
- визначити потенційну посухостійкість та морозостійкість рослин роду *Cercis* L.;
- провести аналіз зелених насаджень м. Київ на предмет наявності рослин роду *Cercis* L.;
- здійснити оцінювання декоративності рослин роду *Cercis* L.;
- надати рекомендації щодо оптимальних способів та методів розмноження та отримання садивного матеріалу досліджуваних рослин.

2.2. Методика та методи досліджень

Комплексну оцінку загальної декоративності рослин та розподіл на групи декоративності проводили відповідно до Методики оцінювання декоративних

ознак О. Г. Хороших та О. В. Хороших (1999). Згідно з цією методикою рослини поділяються відповідно до кількості балів на такі групи: висока декоративність (29-42 бали); середня декоративність (14-29 бали) та мала декоративність (до 14 балів). В процесі оцінювання декоративності враховується архітектоніка крони, колір кори та пагонів, розмір листя та його колір, тривалість квітування тощо. Шкала комплексної оцінки декоративних ознак та значущості балів наведені у додатку А.

Дослідження щодо впливу чинників міського середовища на морфометричні показники й накопичення вторинних метаболітів у пагонах *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* 'Alba' проводилися в період із січня 2023 року до вересня 2023 року.

Умови зростання об'єктів досліджень. Обрані об'єкти досліджень зростали на території м. Київ, зокрема в Шевченківському районі (рис. 2.1).

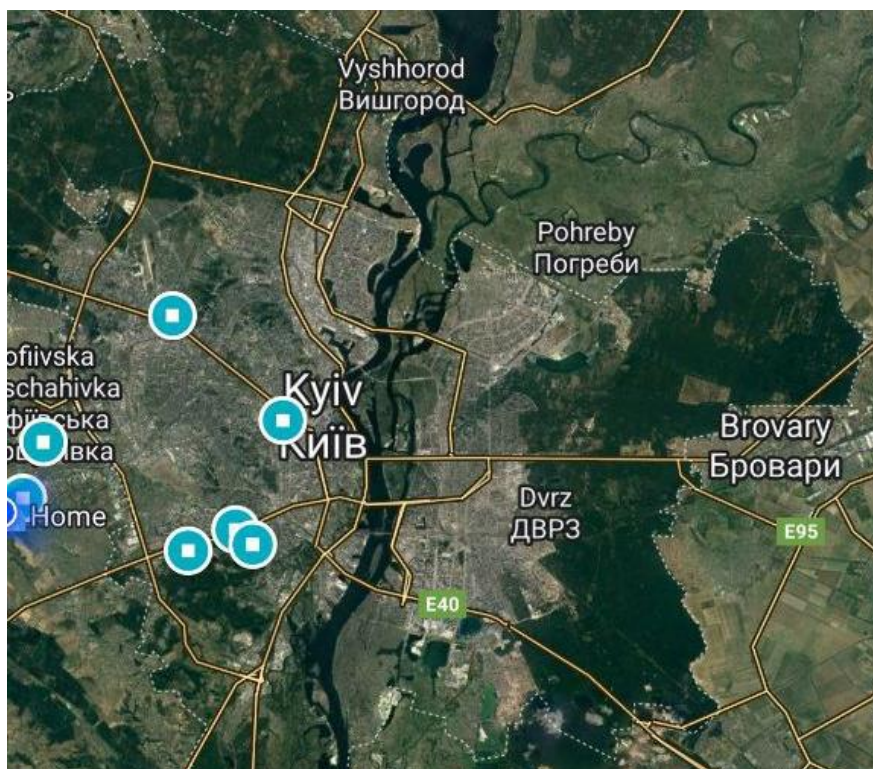


Рис. 2.1. Схема розміщення насаджень *Cercis* L. у м. Київ*

*Примітка. Створено автором на основі Google (2023)

Умовно місцезростання всіх рослин можна розподілити за впливом зовнішніх чинників, такими як загазованість повітря, рівень сонячної інсоляції

та рівень засоленості ґрунтів. Так, рослини, що зростали на території ботанічного саду ім. Фоміна, піддавалися впливу середнього рівня інсоляції (кількість прямого сонячного світла близько 6 год/добу) та загазованості повітря й відсутності засоленості ґрунтів. Деревя, що зростали поруч зі станцією метро «Берестейська» мали високий рівень інсоляції (прямі сонячні промені близько 10 год/добу) та піддавалися помірному рівню забруднення повітря дрібнодисперсного пилу та загазованості повітря, оскільки знаходилися на південній межі парку «Нивки», яка межує із проспектом Берестейський (SaveEcoBot, 2023). Рослини, що зростали по вул. Табірна знаходилися в тіньових умовах (кількість прямого сонячного світла близько 3 год/добу). Рівень засоленості визначався умовно, залежно від віддаленості рослин від пішохідних доріжок або автомобільних доріг. Зокрема, рослини на вул. В. Петріва, зростали на території, яка характеризувалася високим рівнем інсоляції та засоленістю ґрунтів через розташування поблизу проїжджої частини та пішохідної доріжки. Під час обстеження рослин роду *Cercis* L. проводили оцінку їхнього стану за 5-ти бальною шкалою оцінки стану деревних рослин у вуличних насадження за методикою (Кузнецов та ін., 2000):

- 5 балів (деревя без пригніченого росту, з повноцінною листовою поверхнею);
- 4 бали (деревя з ростом, що загалом відповідають нормі та мають приблизно 20-25 % недієвої поверхні);
- 3 бали (деревя з послабленим ростом, які мають близько 50 % недієвої листової поверхні);
- 2 бали (деревя з пригніченим ростом, приріст поточного росту майже відсутній, мають близько 75-80 % недієвої листової поверхні);
- 1 бал (мертві та всихаючі, без поточного приросту деревя зі 100 % недієвою листовою поверхнею).

Морфометричний метод. Аналіз морфометричних показників пагонів проводили для оцінки визначення особливостей ростових процесів рослин залежно від умов місцезростання. Відбір зразків проводили в 5 локалітетах.

Усього в експерименті було використано 15 рослин. Вимірювали довжину й діаметр міжвузлів однорічних пагонів 14 рослин *C. canadensis* L. та пагонів 1 рослини *C. siliquastrum* 'Alba' (n = 75)

Метод профілювання вторинних метаболітів. Розділення речовин виконували методом високоефективної тонкошарової хроматографії (ВЕТШХ) на пластинках Silicagel G 60 (Merck) у системі розчинників: етилацетат – мурашина кислота – оцтова кислота – вода (v / v / v / v – 100 : 11 : 11 : 25). Отримані хроматограми обробляли 0,5 % NP-реагентом в етилацетаті з подальшою обробкою 1,0 % ПЕГ(поліетиленгліколь) 400 і нагріванням за 90 °C упродовж 1 хв. Флавоноїди та інші поліфеноли на хроматограмі виявляли в ультрафіолетовому світлі ($\lambda_{\text{max}} = 365$ нм). Показники Rf (індекс утримання) індивідуальних сполук визначали фотоденситометрично за використання комп'ютерної програми Sorbfil TLC Videodensitometer. Досліди проводили для вивчення впливу чинників міського середовища на накопичення вторинних метаболітів в корі та перидермі однорічних пагонів досліджуваних рослин.

Автофлуоресценцію тканин пагонів та визначення кількості продихів у листках дослідних видів вивчали на інвертованому мікроскопі із системою багатоканальної флуоресцентної візуалізації (EVOS FL System, ThermoFisher Scientific, США).

Продихи рахували методом прямого підрахунку на фотографії частини листка площею $1,7 \cdot 10^5$ нм за 40-разового збільшення мікроскопа, у п'яти повторностях різних ділянок листової пластинки. Довжину та ширину продихової клітини визначали за допомогою канцелярської лінійки шляхом прямого виміру відповідно до масштабу фотографії.

Метод статистичної обробки даних. Результати вимірювань представлені як середнє значення $\pm$ стандартна похибка ($\bar{x} \pm SE$). Достовірність різниці ($p < 0,05$) між отриманими даними визначали методом дисперсійного аналізу (one-way ANOVA) за використання апостеріорного тесту Т'юкі в програмі XLSTAT (Addinsoft Inc., США, 2010). Аналіз головних компонент

(PCA) і кластерний аналіз виконували в програмі XLSTAT. Для регресійного аналізу залучали програму Sigma Plot 12.0 (Systat Software, Inc., 2011).

Об'єктом цього дослідження є зовнішній стан рослин *C. canadensis* L. та *C. siliquastrum* 'Alba' та їхня чутливість до чинників міського середовища. Під час проведення дослідження було дотримано Convention on Biological Diversity (1992), Convention on the Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (1973).

Збір однорічних пагонів проводили з рослин, що зростають у межах м. Києва. Підготовка проб включала в себе очищення від забруднень та видалення непотрібних решток рослин із подальшим визначення метричних параметрів (довжина та діаметр міжвузлів). Вимірювання параметрів проводилося за допомогою штангенциркуля із занесенням отриманих результатів до Microsoft Excel з подальшим аналізуванням цих даних.

Дослідження щодо визначення морозостійкості та потенційної посухостійкості рослин роду *Cercis* L. проводилися в період із серпня 2023 до лютого 2024 року.

Умови зростання об'єктів. У якості дослідних рослин для визначення морозостійкості використовували рослини, що зростали на території м. Києва та мали особливості у своїх фенольних профілях (Babyn et al., 2024), а також культивари рослин роду *Cercis* L., які зростають на території приватного розсадника, зокрема: *Cercis canadensis* 'Ruby Falls', *Cercis canadensis* 'Vanilla Twist', *Cercis canadensis* 'Carolina sweetheart' та *Cercis gigantea*. Умови місцезростання загалом в усіх дослідних рослин подібні, адже вони зростали в межах м. Києва та його передмістя.

Потенційну морозостійкість визначали методом лабораторного проморожування. Однорічні прирости з бруньками проморожували в холодильній камері CRO/400/40, що давало можливість охолоджувати зразки до температури -40°C . Проморожування виконували методом поступового зниження температури щогодинно на 5°C до критичних -25 – 30°C . У разі досягнення таких температур проморожування витримували за таких температур

упродовж чотирьох годин для створення умов нуклеації та розвитку льодоутворення. Ступінь морозного пошкодження тканин оцінювали за інтенсивністю їхнього побуріння на окремих поперечних анатомічних зрізах. Оцінку проводили на основі мікроскопного аналізу за шестибальною шкалою (від 0 до 5 балів) для окремих анатомічних зрізів. Водночас максимальний сумарний бал пошкодження тканин й органів однорічного приросту становить за такого оцінювання 65 балів (Бублик et al., 2013). Для дослідів нами були заготовлені однорічні прирости в період спокою рослин.

Для визначення потенційного рівня посухостійкості були проведені досліді лабораторним методом із визначення вологовіддачі, оводненості, жаростійкості та водного дефіциту листових пластинок за Методикою проведення польових досліджень польових культур (Кондратенко & Бублик, 1996). Для цього були відібрані листові пластинки, які завершили свій ріст і розвиток.

Досліди з визначення вологовіддачі проводили за кімнатних умов за середньої температури на момент дослідження 23,8 °C та вологості повітря 44,6 %. Виміри проводили відповідно до методики (Кондратенко & Бублик, 1996; Havryliuk et al., 2024) через 2, 4, 6 та 24 год після початку дослідів, фіксуючи значення температури та вологості повітря в кімнаті, а також вагу листових пластинок (формула 2.1).

$$WL = \frac{W}{A} * 100 \%, \quad (2.1)$$

Де WL — інтенсивність втрати води, W — кількість втраченої води за певний час, A — уміст води до початку експерименту.

Досліди з визначення водного дефіциту листових пластинок проводили шляхом насичення листових пластинок водою, попередньо визначивши їхню вагу. Після цього листові пластинки позбавляли зайвої вологи, огортаючи паперовими серветками, які поглинали вологу з поверхні, повторно зважуючи листя, насичене вологою (Гаврилюк та ін., 2024; формула 2.2).

$$WD = \frac{M2-M1}{M2} * 100 \%, \quad (2.2)$$

Де WD – водний дефіцит, M2 — маса зразка після повного насичення вологою, M1 — маса зразка до насичення вологою.

Експеримент із визначення жаростійкості дослідних рослин проводили за методикою (Кондратенко & Бублик, 1996; Трохимчук & Макарова, 2022) шляхом висушування листових пластинок у сушильній шафі за температури 50 °C упродовж 10 хв, із подальшим замочуванням у HCl (0,2 нормальна) упродовж 1, 3 та 5 хв. Це робили з метою кращого проявлення пошкодження листової пластинки (Бублик та ін., 2013).

Для визначення оводненості листових пластинок вимірювали вагу щойно зірваних листків, а потім їх поміщали до сушильної шафи з постійною температурою на 1 добу, після цього вимірювали вагу сухого листа й розраховували частку втраченої вологи (Бублик та ін., 2013).

Лабораторну схожість насіння визначали згідно з Правилами визначення посівних якостей насіння International seed testing association (ISTA, International Rules for Seed Testing 2025) та ДСТУ 8558:2015 у лабораторії ДП «Державний центр сертифікації сільськогосподарської продукції». З причини відсутності дослідного роду та видів у вищезазначених Правилах, було прийнято рішення проводити дослідження за методикою визначення посівних якостей насіння *Robinia pseudoacacia* L., тому що родина *Fabaceae* Lindl. має спільні морфофізіологічні ознаки, в тому числі і насіння. Серед деревних видів найближчим є *Robinia pseudoacacia* L. Згідно з методикою насіння пророщували на фільтрувальному папері, за змінної температури: 20 °C упродовж 16 год та 30 °C упродовж 8 год. Облік насіння рекомендовано проводити вперше на 7 добу (енергія) та остаточно на 14 добу (схожість), проте через низький показник схожості визначення проводили на 30 добу. Для встановлення впливу способу пророщування насіння на лабораторну схожість нами було закладено насіння на пророщування між фільтрувальним папером. Для пророщування використовувалось насіння 2021 року урожаю, яке пройшло холодну стратифікацію (упродовж 4 місяців за температури +4 °C) у 2021 – 2022 рр. та зберігалось за неконтрольованих умов зовнішнього середовища, а також насіння

урожаю 2023 року, яке було зібране з дерев безпосередньо перед проведенням дослідження (березень 2024 року) та не піддавалось штучній стратифікації. Пророщування відбувалось у лабораторному інкубаторі з охолодженням ST700 BASIC виробника PolEko Aparatura зі змінним температурним режимом відповідно до методики, а також зі змінним фотоперіодом – 8 год з освітленням та 16 год без освітлення.

Дослідження щодо визначення ґрунтової схожості проводили шляхом висіву насіння рослин *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* 'Alba' у касети (мультиплати) розміром 60x40 см, із розміром комірки 4,5x4,5x7,0 см. Насіння дослідних видів попередньо проходило холодну стратифікацію за температури +4 °C упродовж 4 місяців. Передпосівна обробка насіння включала в себе ошпарювання насінневої оболонки. Для цього насіння заливали кип'ятком ($t = 95 \pm 3^\circ\text{C}$) і залишали в ємності поки вода не охолоне впродовж 24 год. Далі насіння замочували в розчинах апробованих препаратів різних концентрацій відповідно до схеми експерименту. Після цього насіння висівали в комірки мультиплат на глибину 1,0-1,5 см, кожну насінину в окрему комірку. У якості субстрату був використаний низинний торф. Мультиплати поміщали в теплицю. Дослідження проводили впродовж 2022 – 2024 рр. Полив проводили у міру підсихання субстрату в мультиплатах, а також автоматично тричі на добу впродовж 5 хв із дрібнодисперсних форсунок (водовилив 2 л/год) о 8:00; 12:00 та 16:00. Визначення схожості насіння проводили на 30 добу після висіву. Виміри висоти сіянців проводили на 40 добу після висіву, а також після завершення росту (після завершення вегетації). Облік насіння проводили згідно з методикою, проте нами був продовжений термін остаточного обліку до 30 доби через низьку енергію проростання.

Дослідження щодо отримання асептичної культури та мікроклонального розмноження рослин роду *Cercis* L. виконували в Науково-дослідній лабораторії біотехнології рослин ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція» з травня до жовтень 2024 року. У якості рослин-донорів використовували дерева, що зростали на території Ботанічного саду ім. О. В. Фоміна – *Cercis siliquastrum*

‘Alba’ та на території розсадника кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій ННІ лісового і садово-паркового господарства віком відповідно 25-30 та 10-15 років. З рослин-донорів заготовляли однорічні пагони. Для зменшення транспірації та втрати тургору пагони поміщали в колбу з водою та ставили в холодильник. Стерилізація та введення в культуру проводилися на наступний день після заготівлі пагонів. Культивування рослинного матеріалу, стерилізацію лабораторного посуду та інструментів проводили відповідно до загальноприйнятих методик (Мельничук та ін., 2003, Кушнір & Сарнацька, 2005).

У лабораторних умовах пагони нарізали на живці довжиною 3-5 см. Апробовано 2 режими стерилізації. Загальним процесом стерилізації для обох режимів було відмивання в мильному розчині з додавання декількох крапель поверхнево-активної речовини TWIN-80 упродовж 20 хв. Для кращого відмивання в мильному розчині використовували магнітний змішувач. Після цього живці промивали проточною водою впродовж 15 хв. Надалі живці заливали стерильною дистильованою водою та переміщали у ламінар-бокс. За першого режиму стерилізації основними стерилізуючими речовинами були 70 % етиловий спирт та 1 % AgNO_3 . Мікропагони занурювали в розчин етилового спирту на 30-60 с із подальшим зануренням у 1 % розчин нітрату срібла на 7-8 хв. Після стерилізації проводили триразове відмивання у стерильній дистильованій воді впродовж 10 хв у кожній порції. Після цього експланти витримували на фільтрувальному папері та нарізали на частини довжиною 1,0-1,5 см. Далі експланти висаджували на живильне середовище WPM. Облік результатів стерилізації та субкультивування асептичних життєздатних експлантів здійснювали на 28 добу культивування.

Другий етап введення припав на кінець червня – початок липня. Живці заготовляли з тих самих дерев-донорів, що й для першого введення. Оскільки пагони заготовляли пізніше, вони вже були напівздерев’янілими, тому за другого введення в культуру *in vitro* був інший режим стерилізації. Процес до ламінар-боксу ідентичний, як і в першому випадку, відмінністю є збільшення тривалості

витримування в етиловому спирті та використання пероксиду водню (H_2O_2). Після відмивання мікропагонів у мильному розчині та промиванні в проточній воді їх піддавали стерилізації в етиловому спирті впродовж 1-2 хв із подальшим перенесенням у 1 % розчин нітрату срібла на 10 хв, після чого живці промивали в стерильній дистильованій воді впродовж 1 хв, а далі занурювали в 35 % розчин пероксид водню на 3-4 хв. Після стерилізації експланти промивали в стерильній дистильованій воді тричі впродовж 10 хв. Живці ділили на менші частини та культивували на живильному середовищі WPM з 1,0 мг/л GA (гіберелінова кислота) та 0,1 мг/л TDZ (тідіазурон). Облік експлантів проводили на 90 добу культивування. Ефективність стерилізації визначали, як відношення стерильних життєздатних експлантів до загальної кількості введених *in vitro* (Мельничук та ін., 2003; формула 2.3).

Стерильні експланти в подальшому субкультивували на два варіанти живильного середовища WPM: 0,4 мг/л BA (1 варіант) та 0,3 мг/л 2iP та 0,25 мг/л NAA (2 варіант).

$$K = \frac{A}{L} * 100 \%, \quad (2.3)$$

Де K – ефективність стерилізації, %; A – кількість асептичних життєздатних експлантів, шт; L – загальна кількість введених експлантів, шт.

Початок пересаджування стерильних експлантів проводили на 32 день культивування. Культивування рослинного матеріалу проводили за загальноприйнятою методикою у світловому приміщенні за температури 24 ± 1 °C та освітленості 2,0-3,0 клк за 16-годинного фотоперіоду та відносній вологості повітря 70-75 %. Як контроль застосовували безгормональне живильне середовище WPM. Використовували біотехнологічні (мікроклональне розмноження) та статистичні методи (середнє значення, стандартне відхилення та однофакторний дисперсійний аналіз) із застосуванням MicroSoft Excel. Для аналізу впливу режиму стерилізації на ефективність використовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Досліди проводили в чотириразовій повторюваності.

2.3. Коротка характеристика кліматичних умов

Дослідження в польових умовах проводились на території м. Києва. Клімат міста помірно континентальний, з м’якою зимою та досить спекотним літом (Осадчий & Бабіченко, 2013). Серед основних критеріїв щодо успішності використання інтродуцентів є аналіз температурної складової, а також природня вологозабезпеченість у регіоні досліджень. Отже середньомісячний температурний режим упродовж 2022 – 2024 рр. досліджень становив для липня +22,1 °С та січня -1,4 °С (табл. 2.1).

З даних рисунка 2.2 зрозуміло, що з року в рік проявлялась тенденція до зростання середньомісячної температури. Найспекотнішим роком за період досліджень був 2024 рік із максимальною середньомісячною температурою у липні (+24,1 °С) (Meteopost, 2024).

Таблиця 2.1

Динаміки температури м. Київ за 2022 – 2024 рр.*

Роки	Середньомісячна температура за 2022 – 2024 рр., °С											
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
2022	-1,3	+1,7	+2,8	+7,9	+14,7	+21,7	+20,8	+22,4	+12,8	+11,0	-0,2	-0,7
2023	-0,3	-0,3	+4,8	+9,6	+16,2	+19,6	+21,5	+23,8	+18,8	+11,4	+4,1	+0,7
2024	-2,6	+2,9	+4,8	+12,8	+16,3	+21,6	+24,1	+23,1	+20,5	+10,9	+2,7	0
Середнє за роки	-1,4	+1,4	+4,1	+10,1	+15,7	+21,0	+22,1	+23,1	+17,4	+11,1	+2,2	+0,0

Примітка. *Створено автором на основі Meteopost, (2024)

Слід зазначити, що найнижчий показник температури для 2022 року був у січні (-14,9 °С), для 2023 – у лютому (-10,2 °С), а для 2024 – у січні (-15,6 °С).

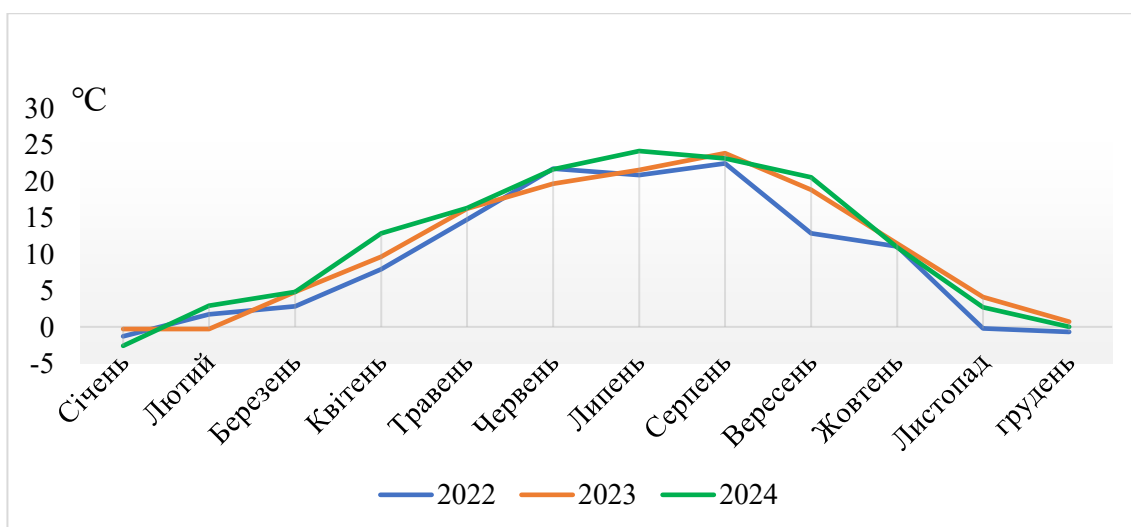


Рис. 2.2. Динаміка зміни середньомісячних температур за 2022 – 2024 рр.*

Примітка. *Створено автором на основі Meteorpost, (2024)

Іншим важливим чинником успішного зростання рослин є вологозабезпеченість ґрунту, на це впливає кількість атмосферних опадів. Загальна кількість опадів по місяцях у період за 2022 – 2024 рр. зображена на рисунках 2.3-2.5.

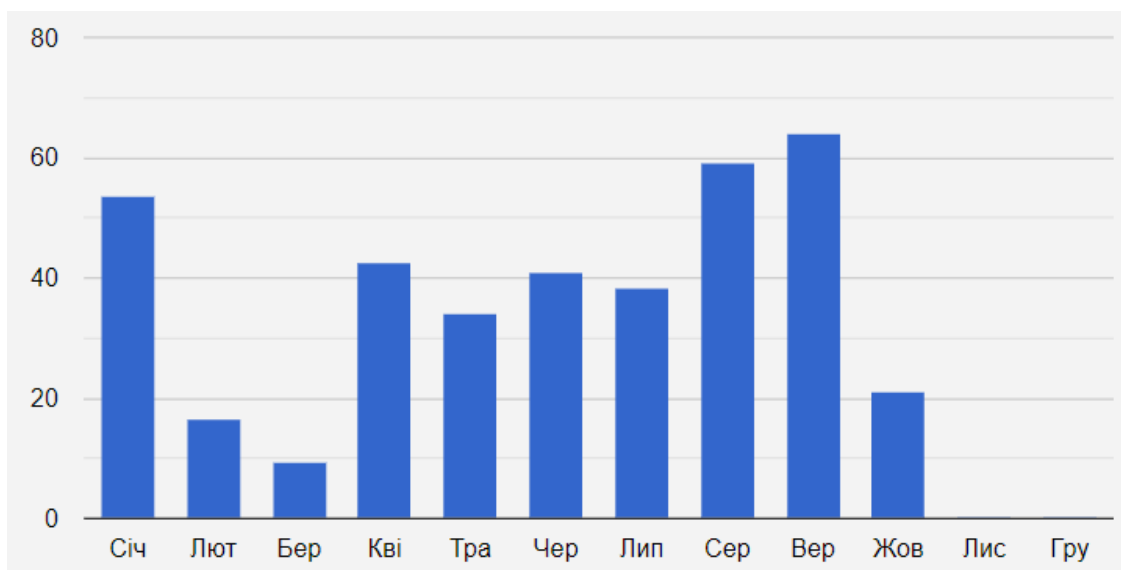


Рис. 2.3. Загальна кількість опадів (мм) за місяцями за 2022 рік (Meteorpost, 2024)

У період вегетації найбільш забезпеченими вологою були серпень та вересень, проте ростові процеси рослин у ці місяці знижуються.

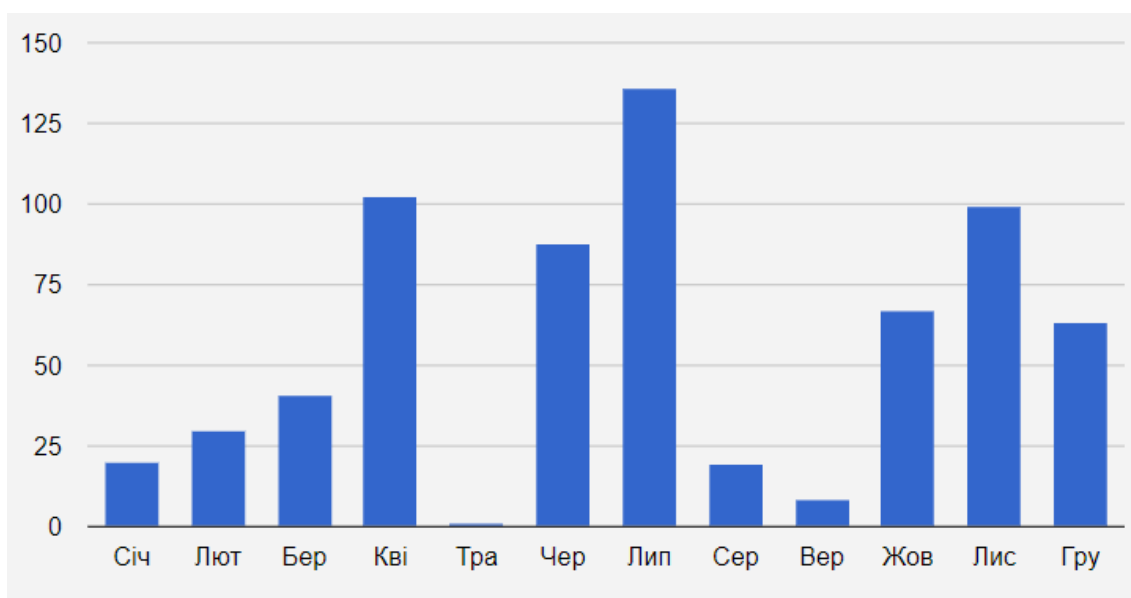


Рис. 2.4. Загальна кількість опадів (мм) за місяцями за 2023 рік (Meteorpost, 2024)

Для 2023 року ситуація із забезпеченням вологою значно краща, хоча в травні майже не було опадів, квітень та червень нівелювали цю нестачу.

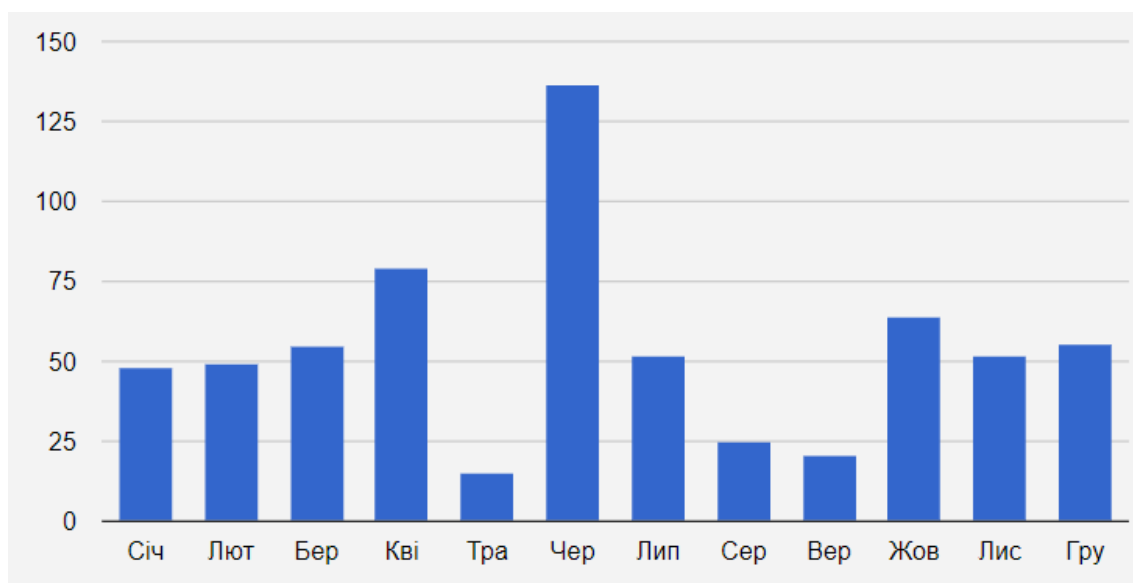


Рис. 2.5. Загальна кількість опадів (мм) за місяцями за 2024 рік (Meteorpost, 2024)

Із цих рисунків 2.3-2.5 зрозуміло, що в період початку активного росту пагонів, а саме травень 2023 – 2024 рр., характеризувався майже відсутніми атмосферними опадами, що складали від 5 мм до 25 мм. Нестача вологи може

загалом негативно відобразитися на насадженнях рослин роду *Cercis* L., саме тому потрібно буде приділяти увагу своєчасному та рясному поливу.

2.4. Таксономічний склад та морфологічна характеристика дослідних рослин роду *Cercis* L.

Об'єктами наших досліджень виступали як видові рослини, так і їхні культивари.

Згідно з описом Колеснікова А. І. (2018) *Cercis canadensis* L. – це дерево висотою до 12 м. Листки широкоовальні або серцеподібні, на вершині тупозагострені, напівшкірясті, гладкі. Квіти рожеві, світліші, ніж у *Cercis siliquastrum* L., по 4-6 шт. у пучку. Квітує в квітні-травні. Від *C. siliquastrum* L. відрізняється більшою морозостійкістю та інтенсивністю росту. Ареал у Північній Америці розтягується на південь від Нью-Джерсі, на захід до Монтани та Техасу. В Україні добре зростає у південних регіонах, проте страждає від посухи, у Кіровоградській області (парк 'Веселі Боковенки'), не пошкоджується від морозів у м. Києві, у віці 15 років може досягати 5-6 м. Також автор виділяє декоративні форми: білоквіткову – f. *alba* Rehd. та махровоквіткову – f. *plena* Sudw.

Cercis siliquastrum 'Alba' дерево висотою до 10 м. Стовбур нерівний, часто викривлений. Листки округлі, цільні або зверху злегка виїмчасті, довжиною 5-8 см, шириною 7-12 см, шкірясті, голі, зверху матово-зелені, знизу сизі. Квіти, на відміну від видової рослини, білого кольору. Генеративні бруньки загострені, тоді як у *C. canadensis* L. округлі (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Генеративні бруньки: А – *C. canadensis* L.; В – *C. siliquastrum* ‘Alba’*

Примітка. *Створено автором

Cercis canadensis ‘Vanilla Twist’ – культивар церцису канадського з білими квітками, отриманий від схрещування культиварів ‘Covey’ х ‘Royal White’. Невелике дерево, з вираженою плакучою формою крони (рис. 2.7). Листки, як й у видового екземпляра (Frank P. Matthews, 2025).



Рис. 2.7. *C. canadensis* 'Vanilla Twist' (Oakland Nursery, 2025)

Cercis canadensis 'Ruby Falls' культивар із плакучою формою крони та темно-пурпуровим забарвленням листків. Квіти насичено рожевого кольору (рис. 2.8).

Cercis canadensis 'Carolina sweetheart' – для цього культивару характерний пістрявий біло-зелено-рожевий колір листових пластинок. Під час розпускання листки насичено темно-червоного кольору, згодом стають зеленими із білим пістрявим краєм, іноді з домішками рожевих відтінків. Форма листків та колір квіток такі ж, як й у виду (рис. 2.9), (Frank P. Matthews, 2025).



Рис. 2.8. *Cercis canadensis* 'Ruby Falls' (Frank P. Matthews, 2025)



Рис. 2.9. *Cercis canadensis* 'Carolina sweetheart' (Frank P. Matthews, 2025)

Висновки до розділу 2:

1. Програмою робіт було розроблено схеми експериментів, які виконувались як в лабораторних умовах так і в польових.

2. Клімат м. Київ помірно континентальний, із коливанням середньомісячних температур за роки досліджень від $-1,4^{\circ}\text{C}$ до $+23,1^{\circ}\text{C}$. У зимовий період максимально від’ємна температура складала $15,6^{\circ}\text{C}$, що є не критичним показником для рослин роду *Cercis* L.

3. Річна забезпеченість вологою у вигляді атмосферних опадів складає близько 600 мм. Відмічено, що найменша кількість опадів спостерігалася в травні 2023 – 2024 рр. Саме тому варто приділяти увагу вчасним поливам молодих рослин у міських умовах, з огляду на те, що рослини іноді страждають від посухи.

4. Рід *Cercis* L. має досить різноманітний таксономічний склад, що робить його перспективним для озеленення. Ці рослини вирізняються високою декоративністю не лише під час квітування, яке розпочинається до розпускання листя, а й завдяки своїм декоративним листям та плакучими формам крони у таких культиварів як *C. canadensis* ‘Vanilla Twist’ та *C. canadensis* ‘Ruby Falls’.

РОЗДІЛ 3

ПОШИРЕННЯ ТА ОЦІНКА ДЕКОРАТИВНОСТІ РОСЛИН РОДУ *CERCIS* L. У МІСЬКИХ НАСАДЖЕННЯХ

3.1. Поширення та стан рослин роду *Cercis* L. у насадженнях м. Києва

Аналіз поширення рослин проводили впродовж 2021 – 2024 рр. на території м. Києва за даними наданими Комунальним об'єднанням «Київзеленбуд». У результаті проведеної роботи було виявлено та встановлено місцезростання рослин роду *Cercis* L. у насадженнях м. Києва в таких районах: Дарницький, Деснянський, Оболонський, Шевченківський, Голосіївський, Печерський (рис. 3.1).

Вік рослин визначали за зовнішнім виглядом з огляду на їхні розміри, зокрема: висоту, діаметр стовбура, наявність пошкоджень рослини, загальні умови місцезростання.

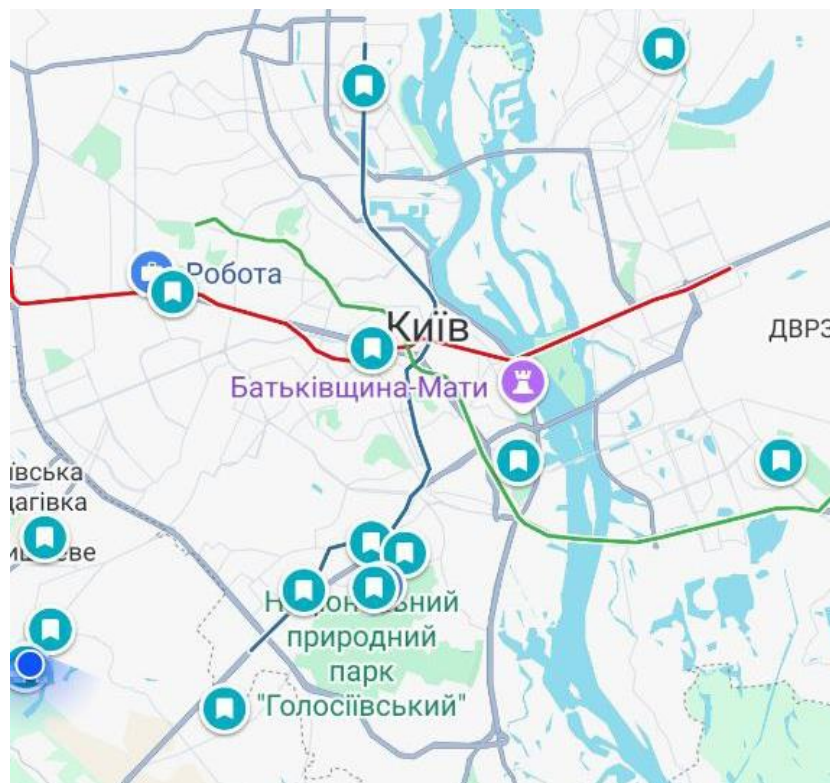


Рис. 3.1. Карта розміщення рослин роду *Cercis* L. у насадженнях на території м. Києва*

Примітка. *Створено автором

Дарницький район. Рослини дослідного роду зростають на території парку Партизанської слави. Ці рослини знаходяться у вхідній зоні парку, обрамляючи рядовою посадкою вздовж доріжки загальну деревно-кущову групу рослин. У цій посадці нараховується 12 шт. *Cercis canadensis* L. із добрим зовнішнім виглядом, пошкодження дерев відсутні або вони незначні, плодоношення рясне, за зовнішнім виглядом рослинам у насадженні близько 15-20 років, висотою 3,5-4,5 м (рис. 3.2).

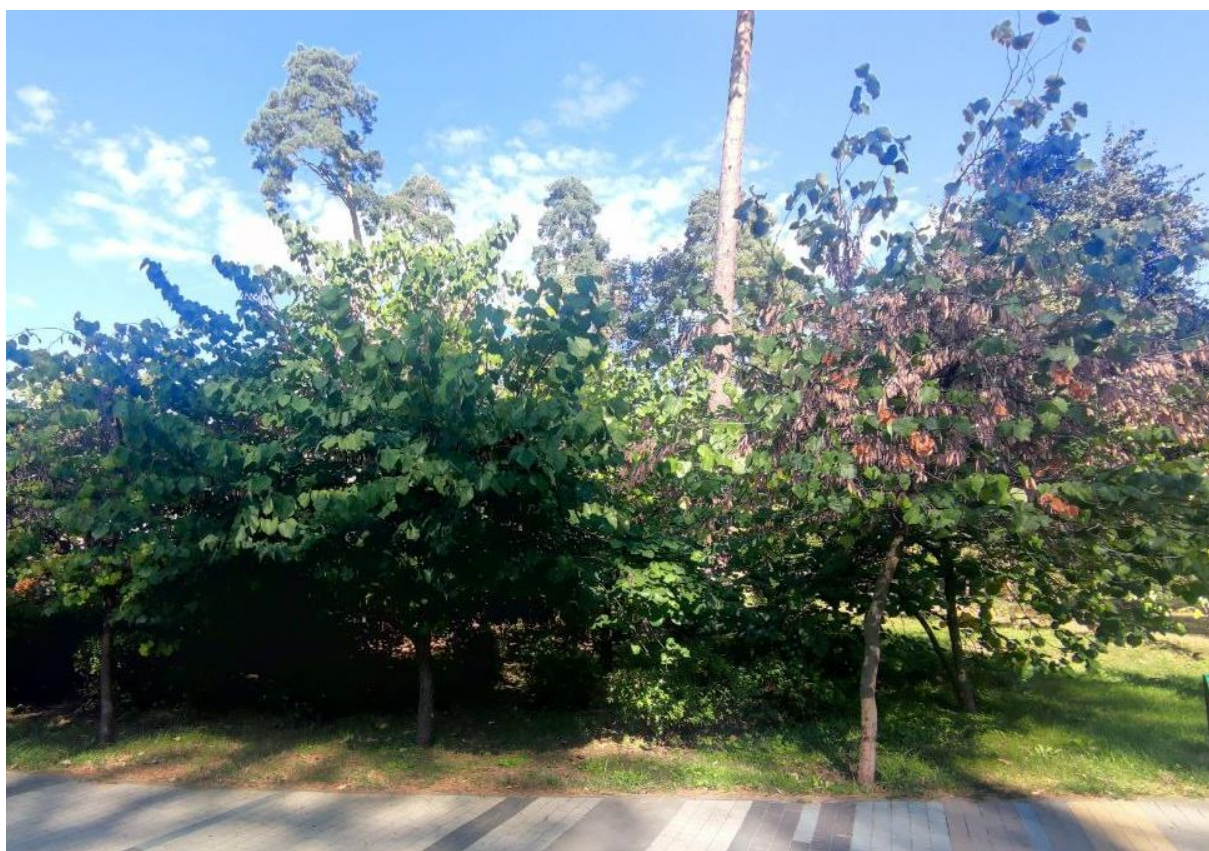


Рис. 3.2. Загальний вигляд рядової посадки *C. canadensis* L. у парку Партизанської слави.*

Примітка. *Створено автором

Також у парку поруч відмічені групові посадки з *Cercis canadensis* 'Forest Pansy'. Стан дерев цього культивару добрий, відсутні пошкодження рослин, відсутнє пригнічення росту і розвитку рослин. Вік рослин складає орієнтовно 7-10 років, кількість рослин у насадженні 31 шт. (рис.3.3).

Деснянський район. На території Деснянського району були виявлені рослини виду *C. canadensis* L. на території парку «Молодіжний», який розташований поруч із житловим масивом Троєщина. Стан рослин, які зростають на території цього парку, як і загальний стан паркових насаджень, знаходиться в задовільному стані.



Рис. 3.3. Вигляд культивуру *C. canadensis* 'Forest Pansy, що зростає у парку Партизанської слави

Примітка. *Створено автором

Візуально спостерігається недостача вологи загалом для всіх рослин. Як наслідок у рослин спостерігається пригнічення в рості та розвитку, наявне пожовкле, місцями сухе листя, частина пагонів у безлистяному стані (до 5-10 %).

Рослини зростають біля вхідної зони, у складі групової посадки із круговим квітником, у безпосередній близькості до насаджень знаходиться проспект Червоної Калини (орієнтовно 50-75 м.) Кількість рослин на території цього парку – 5 шт., орієнтовний вік рослин – 15 років, висота дерев варіюється від 3,5 до 4,5 м (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Рослини *C. canadensis* L. на території парку «Молодіжний»*

Примітка. *Створено автором

Оболонський район. На території Оболонського району розташовані насадження, які були створені в 2012 році (дані КО 'Київзеленбуд' Оболонського району). Ці рослини зростають на Мінській площі, поруч з Оболонським проспектом та ст. м. «Мінська». Виділено 2 чистих групових посадки *Cercis canadensis* L. (рис. 3.5), а також 1 рослину *C. canadensis* L. у складі групи зі *Spiraea ×vanhouttei* (Briot) Zabel. та *Juniperus sabina* L.

Cercis canadensis L. у кількості 3 рослин у групі мають стан добрий (5 балів), без пошкоджень гілок або пригнічення в рості, вік рослин близько 20 років висотою близько 5 м та проєкцією крони від 3 до 7 м у діаметрі, 1 рослина

C. canadensis L. із цієї групи рослин має добрий стан (4 бали), орієнтовно 7 років та висотою 2-2,5 м, проглядається певне пригнічення росту і розвитку внаслідок домінування сусідніх, більш старіших дерев.



Рис. 3.5. Чиста група із 4 рослин *Cercis canadensis* L. біля станції метро «Мінська»*

Примітка. *Створено автором

Екземпляр *Cercis canadensis* L. у деревно-кущовій групі має добрий стан (5 балів) висотою 1,8-2,2 м, вік орієнтовно 7-10 років (рис. 3.6). Загальна кількість рослин складає 9 шт.: 2 чисті групи по 4 представника дослідного виду та 1 екземпляр у деревно-кущовій групі.

Голосіївський район. На території Національного університету біоресурсів і природокористування України зростає 5 рослин *Cercis canadensis* L.: 3

екземпляри поруч зі студентською їдальнею № 1, 1 екземпляр перед Навчальним корпусом № 1, а також 1 екземпляр на території Ботанічного саду НУБіП України. Дослідні види, що зростають поруч із їдальнею мають різні вік та висоту. Зокрема, 2 екземпляра заввишки близько 10 м та віком близько 40-50 років, зовнішній стан рослин задовільний та добрий: наявні пошкодження кори стовбура, сухі гілки (рис. 3.7).

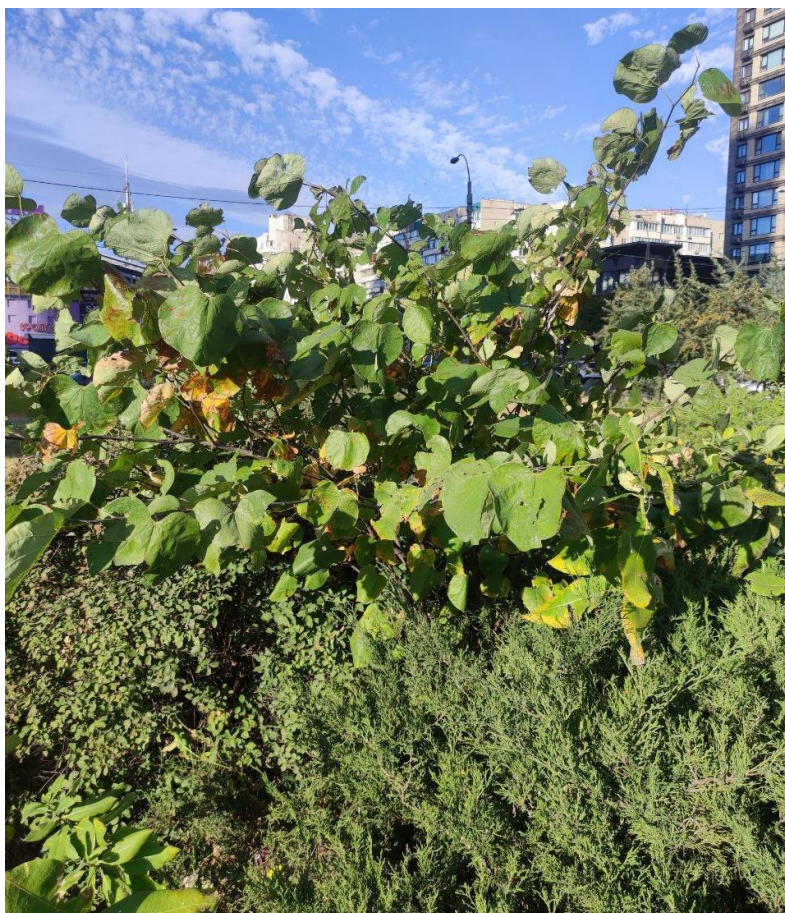


Рис. 3.6. *Cercis canadensis* L. у складі деревно-кущової групи біля станції метро «Мінська»*

Примітка. *Створено автором



Рис. 3.7. 50-річні дерева *Cercis canadensis* L. на території НУБіП України*

Примітка. *Створено автором

Третє дерево молоде, близько 5-7 років, висотою 4-5 м, зовнішній стан – 5 балів, проте була виявлена наявність на молодих пагонах шкідників родини *Diaspididae*

Cercis canadensis L., який зростає на території перед Навчальним корпусом № 1, віком близько 15 років, за зовнішнім виглядом не має пригнічення в рості та розвитку, відсутні сухі гілки, висотою близько 4-5 м. Виступає головним акцентом на ділянці перед навчальним корпусом (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Солітер *C. canadensis* L. на території Навчального корпусу № 1 НУБіП України*

Примітка. *Створено автором

На території Ботанічного саду НУБіП України зростає екземпляр *Cercis canadensis* L. задовільного стану, проте наявні сухі гілки, квітування рідке, а отже, і плодоношення не рясне.

На території Національного комплексу «Експоцентр України» також зростають 2 рослини *Cercis siliquastrum* L., поруч із павільйоном № 5. Стан рослин добрий, без явних ознак пригнічення в рості, вік рослин орієнтовно 10 років, висота рослин 3-4 м. Плодоношення рясне (рис. 3.9).

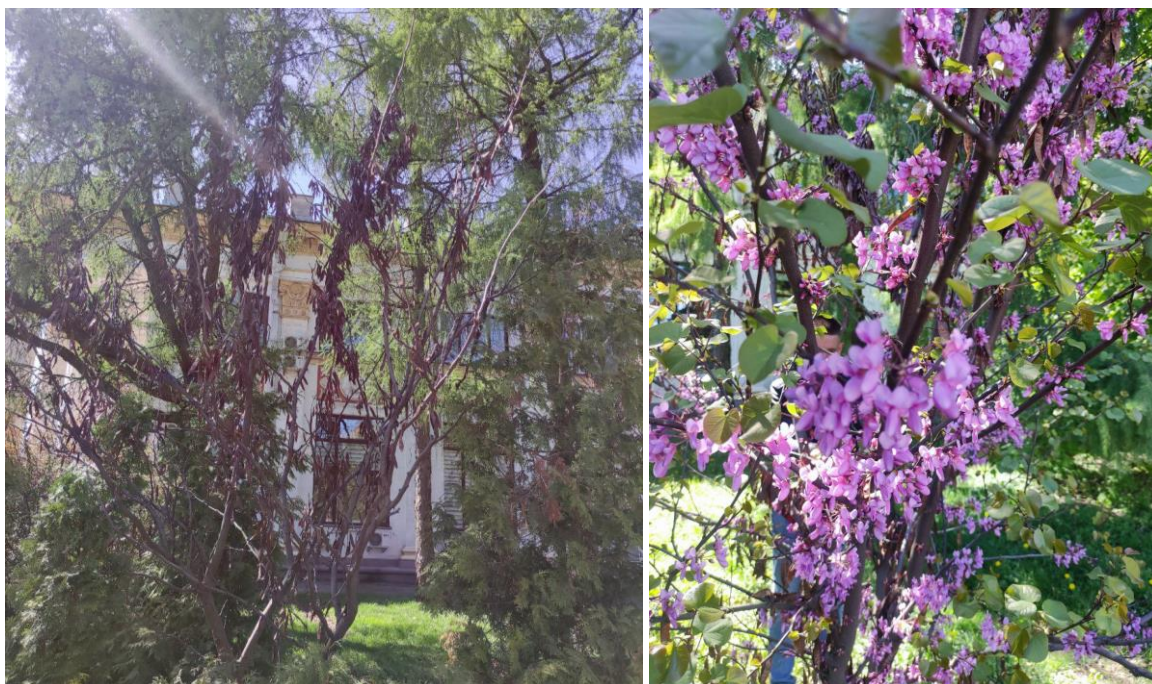


Рис. 3.9. *Cercis siliquastrum* L. на території «Експоцентру» України*

Примітка. *Створено автором

Окрім цього, біля станції метро «Виставковий центр» зростає 10 екземплярів *Cercis canadensis* L., віком близько 10 років, висаджені рядовою посадкою. Стан рослин досить добрий, без ознак пригнічення або сухих гілок.

Під час інвентаризації зелених насаджень м. Києва нами також була виявлена групова посадка з 5 рослин *Cercis canadensis* L. та 1 солітера в парку Марії Заньковецької, що розташований у Голосіївському районі, неподалік від станції метро «Палац Україна». Вік рослин приблизно 20 років, деякі екземпляри мають подвійний стовбур, який починається від поверхні землі, що може свідчити про те, що в молодому віці рослини були зламані, або пошкоджувались морозами. Загалом у дерев відсутні сухі гілки й загальний декоративний стан на високому рівні (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Рослини *Cercis canadensis* L. в парку Марії Заньковецької*

Примітка. *Створено автором

Рослини, які зростають у цьому парку мають добрий стан, проте наявні тріщини кори, які почали загоюватися. Тріщини, на нашу думку, утворились унаслідок морозобоїн (рис. 3.11).

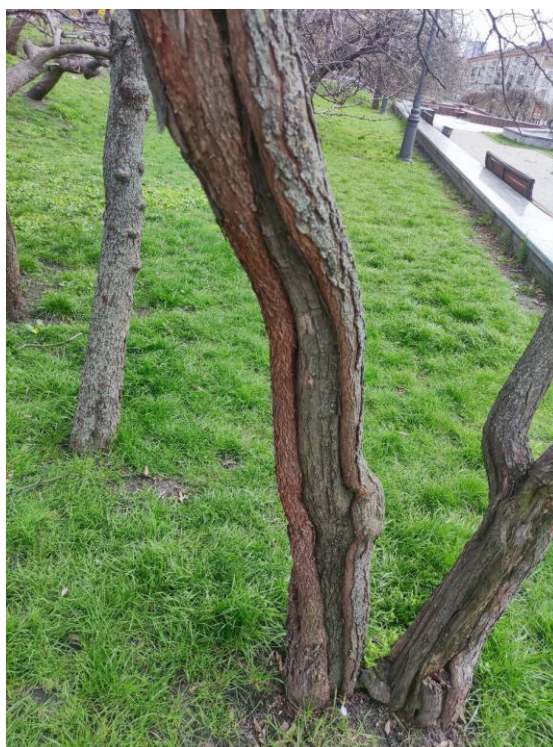


Рис. 3.11. Стан стовбурів із морозобійними тріщинами*

Примітка. *Створено автором

Печерський район. Рід *Cercis* L. у цьому районі представлений видом *Cercis canadensis* L. у кількості 2 шт., що зростають на території Національного

ботанічного саду ім. Н. Н. Гришка НАН України. Рослини мають добрий стан, висотою близько 8,5-9,5 м, вік рослин – 50 років.

У результаті проведеної роботи було виявлено, що рослини мають різний вік та стан. Дані щодо поширення насаджень зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Поширення рослин роду *Cercis* L. у м. Києві*

Вид	Координати	Стан, бал	Місцезнаходження	Висота м	Тип посадки	К-сть, шт	Орієнтовний вік, років
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Cercis siliquastrum</i> 'Alba'	50.3831696 30.5027045	4	Ботанічний сад ім. Фоміна	5,8	Солітер	1	25
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.3831696 30.5027045	4	Ботанічний сад ім. Фоміна	9,5	Група	3	45
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.416814 30.562022	4	Ботанічний сад ім. Гришка	8,5-9,5	Солітер	2	35
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.351953 30.442145	5	Інститут садівництва НААНУ	5,8	Солітер	1	15
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.459376, 30.419858	3	ст. м. Берестейська	3,5	Група	7	20-25
		4		4,0			
		4		4,5			
		4		4,2			
		4		4,5			
		2		3,8			
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.459444 30.421137	3	Вул. Табірна	3,0	Солітер	1	10-12
		3		3,3	Солітер	1	
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.3831696 30.5027045	5	Вул. В. Петріва	5,5	Група	3	15-20
		3		3,8			
		4		4,3			
<i>Cercis canadensis</i> 'Forest Pansy'*	50.4160699 30.6675685	5	Парк Партизанської Слави	2,2	Поодинокі зростаючі	32	7-10
<i>Cercis canadensis</i> L.		5		3,5-4,5	Група	12	15-20
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.5222957, 30.6202057	3	Парк Молодіжний	4,4	Група	5	10-15
		3		4,2			
		3		3,0			
		3		4,5			
		4		3,8			
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.5127302, 30.4985773	4	Поруч із ст. м. Мінська	4,5-5,5	Група	6	13-15
		4		1,8-2,2	Солітер	2	7-10
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.3867489, 30.5106878	3	Їдальня НУБіП	10,2	Група	3	40-50
		4		9,7			5-7
		5		4,3			
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.3837090, 30.5046126	5	Навчальний корпус №1 НУБіП	4,7	Солітер	1	10-12
<i>Cercis canadensis</i> L.	50.3831696, 30.5027045	3	Ботанічний сад НУБіП	8,7	Солітер	1	35-40

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Cercis siliquastrum</i> L.	50,3795275, 30,4796060	5	ВДНГ, павільйон №5	4,3	Група	2	10-12
<i>Cercis canadensis</i> L.	50,3827352, 30,4774968	5	Ст. м. Виставковий центр	3,8-4,5	Рядова посадка	10	13-15
<i>Cercis canadensis</i> L.	50,3825030, 30,4742567	4	Територія КНУ (ВДНГ)	2,5-3,2	Солітер	2	10-15
<i>Cercis canadensis</i> L.	50,4188012, 30,5226789	4	Парк Марії Заньковецької	4,5-5,0	Група	5	15-20
		5		3,5	Солітер	1	20

Примітка. *Розроблено автором

У результаті проведеної інвентаризації насаджень можна зробити висновки, що серед інвентаризованих насаджень м. Києва таксономічний склад дослідного роду представлений 4 таксонами: *Cercis canadensis* L., *C. canadensis* ‘Forest Pansy’, *C. siliquastrum* L., *C. siliquastrum* ‘Alba’ (рис. 3.12).

Порайонна інвентаризація вказує, що найбільше (45 %) дослідних рослин зростає на території Дарницького району, а саме в парку Партизанської слави, рослини роду представлені двома таксонами: видом *Cercis canadensis* L. та його культиваром із пурпуровим забарвленням листя *C. canadensis* ‘Forest Pansy’. Друге місце займає Голосіївський район із 26 % від загальної кількості виявлених рослин, у якому зростають видові рослини *Cercis canadensis* L. та *C. siliquastrum* L. На території Шевченківського району зростає 16 % від загальної кількості виявлених рослин в м. Києві. Таксономічний склад представлений *C. canadensis* L. та білокрітковим культиваром *C. siliquastrum* ‘Alba’ (рис. 3.13).

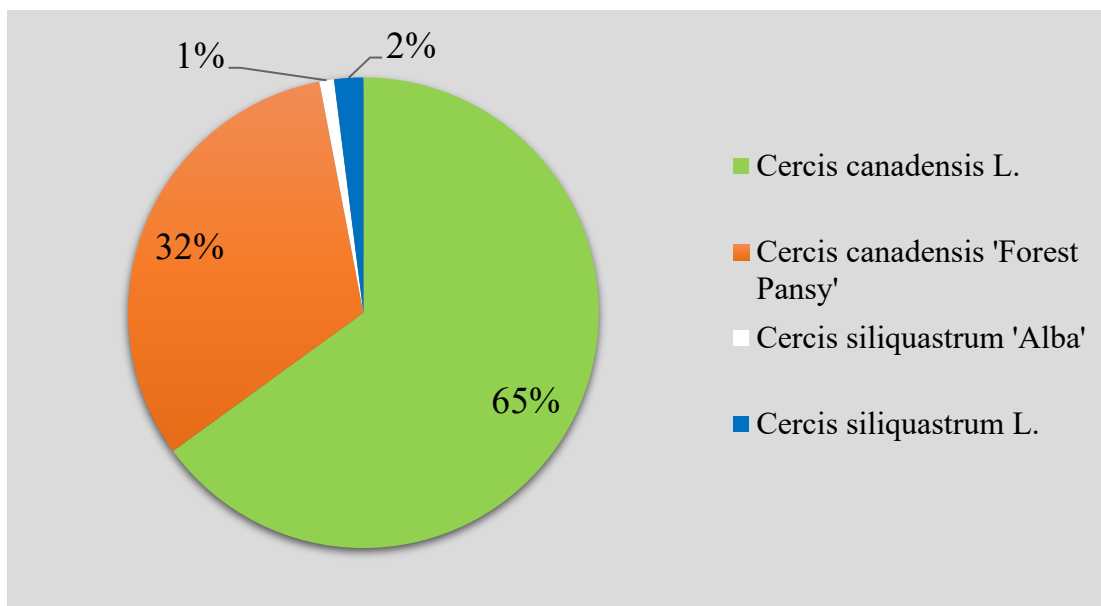


Рис. 3.12. Частка рослин роду *Cercis* L. у насадженнях м. Києва*

Примітка. *Розроблено автором

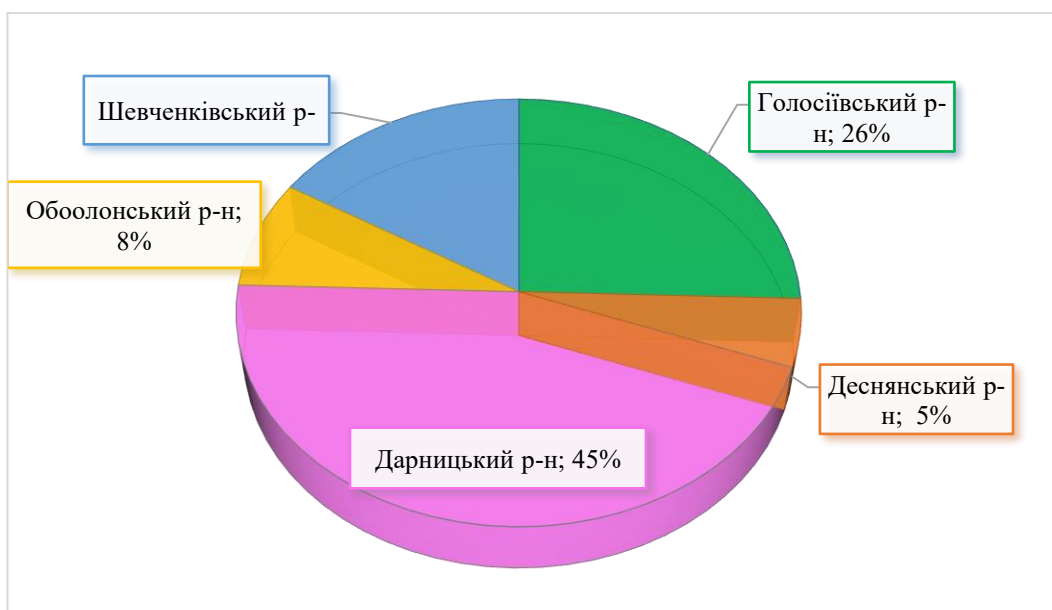


Рис. 3.13. Співвідношення поширення рослин роду *Cercis* L. по районах м. Києва*

Примітка. *Розроблено автором

Проводячи аналіз місцезростання рослин дослідного роду, встановлено, що більшість з виявлених екземплярів зростали в насадженнях загального користування, а також 6% рослин, які зростали в насадженнях Національних ботанічних садів.

3.2. Річний цикл розвитку та оцінка декоративності рослин роду *Cercis* L.

Одним із визначальних чинників використання декоративних рослин є період настання і тривалість їхніх фенологічних фаз. Розуміння, коли рослина починає квітнути, дає змогу оперувати комбінацією певних груп рослин для створення таких насаджень, щоб рослини підкреслювали декоративні особливості одна одної та продовжували період декоративності загалом. Саме тому нами були проведені спостереження впродовж вегетаційних періодів 2023 – 2024 рр. Під час цього дослідження нами фіксувалися початок та кінець зміни кожної із фенофаз, що зображено на рисунку 3.14 та наведено у таблиці 3.2. Спостереження проводились за *Cercis siliquastrum* ‘Alba’, який зростає на території Ботанічного саду ім. О. О. Фоміна, а також за *Cercis canadensis* L., який зростає на території розсадника кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій НУБіП України.

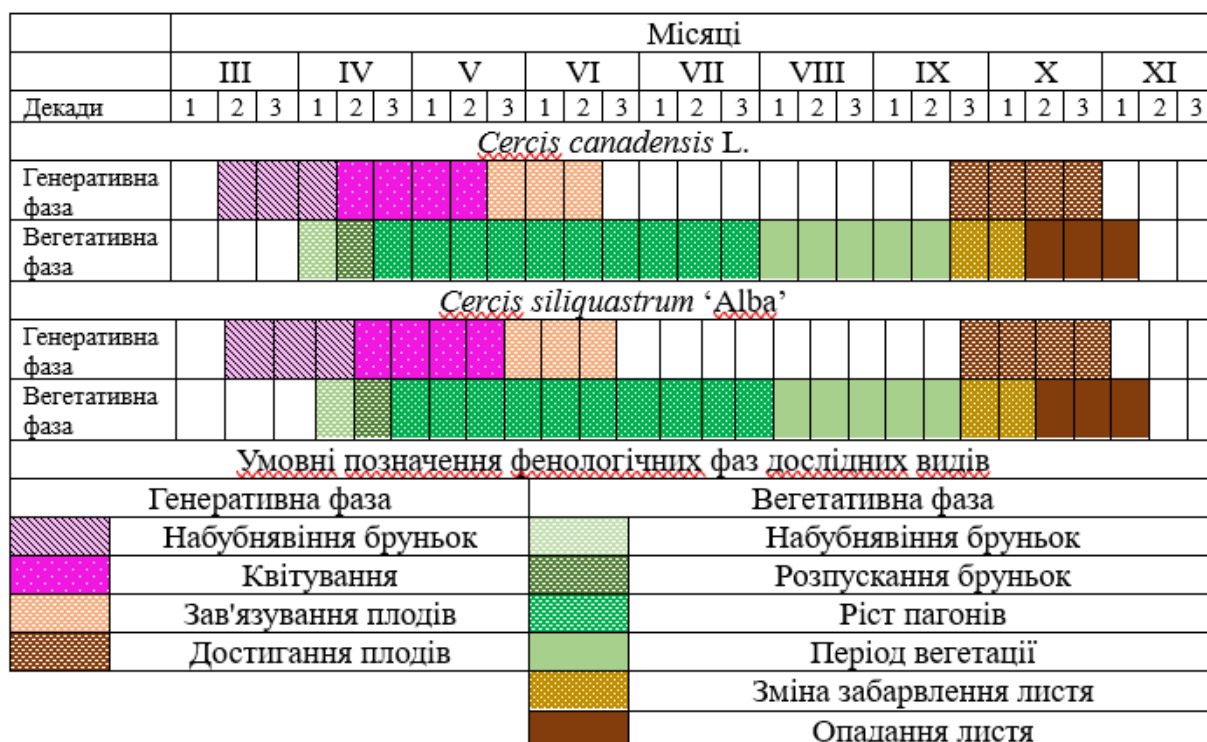


Рис. 3.14. Календар фенологічних фаз рослин роду *Cercis* L.*

Примітка. *Розроблено автором

Таблиця 3.2

Проходження річного циклу розвитку дослідних рослин у 2023 – 2024 рр.*

Вид	Рік	Розвиток генеративних бруньок		Квітування			Розвиток вегетативних бруньок		Розвиток листків						Дозрівання плодів		Ріст пагонів		Період вегетації
		Набубнявіння	Розпускання	Початок	Масове	Кінець	Набубнявіння	Розпускання	Початок облистнення	Кінець облистнення	Початок поживтіння	Кінець поживтіння	Початок опадання	Кінець опадання	Початок	Кінець	Початок	Кінець	
<i>Cercis canadensis</i> L.	2023	21.03	07.04	15.04	30.04	17.05	04.04.	25.04	12.05	05.08	30.09	20.10	15.10	05.11	05.10	29.10	25.04	23.07	191
	2024	22.03	03.04	09.04	20.04	10.05	28.03	18.04	08.05	25.07	28.09	15.10	14.10	28.10	20.09	25.10	18.04	18.07	196
<i>Cercis siliquastrum</i> 'Alba'	2023	18.03	05.04	11.04	22.04	12.05	30.03	22.04	08.05	28.07	05.10	29.10.	23.10	10.11	28.09	18.10	22.04	20.07	201
	2024	23.03	03.04	13.04	21.04	10.05	26.03	19.04	09.05	20.07	30.09	26.10	26.10	13.11	20.09	15.10	19.04	15.07	206

Примітка. *Розроблено автором

Середня тривалість вегетації дослідних видів складає для *Cercis canadensis* L. $193,5 \pm 2,5$ дні та $203,5 \pm 2,5$ дні для *Cercis siliquastrum* 'Alba'. На тривалість вегетаційного періоду значний вплив мають сталі весняні додатні температури, а також перші осінні приморозки. Тривалість квітування для цих видів рослин складає близько 30 днів. Підбираючи асортимент рослин для озеленення населених місць керуються не лише екологічними особливостями і вибагливістю рослин, але і їхньою декоративністю. Говорячи про декоративність рослини, варто зазначити, що цей параметр має певну суб'єктивність, адже для кожної людини поняття декоративності та естетичності відрізняються. Проте, завдяки комплексній оцінці можна зменшити частку суб'єктивності (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Комплексна оцінка декоративності таксонів роду *Cercis* L. за морфологічними ознаками*

Основні морфологічні ознаки		Назва таксону				
		<i>Cercis canadensis</i> L.	<i>Cercis siliquastrum</i> 'Alba'	<i>Cercis canadensis</i> 'Carolina sweetheart'	<i>Cercis canadensis</i> 'Ruby Falls'	<i>Cercis canadensis</i> 'Vanilla Twist'
1	2	3	4	5	6	7
Архітектоніка крони	Форма	2	2	2	3	3
	Щільність	2	2	2	2	2
Архітектоніка стовбура	Фактура	3	3	3	3	3
	Колір кори	2	2	2	2	2
	Колір гілок	2	2	2	2	2
Листки	Форма, розмір	2	2	2	2	2
	Зміна забарвлення	1	1	3	2	1
	Час покриття листя	2	2	2	2	2
	Колір	3	3	3	3	3
Квіти	Форма, величина, колір	3	3	3	3	3
	Запах	2	2	2	2	2

1	2	3	4	5	6	7
Квіти	Час і тривалість квітнення	3	3	3	3	3
Плоди	Форма і величина	2	2	2	2	2
	Колір, яскравість, тривалість перебування на рослині	3	3	3	3	3
Бал загальної декоративності		32	32	34	34	33

Примітка. *Розроблено автором

Досліджуючи декоративність таксонів роду *Cercis* L. було встановлено, що загалом таксони мають високу декоративність, сумарний бал якої варіюється від 32 до 34. Насамперед, високу декоративність роду забезпечує яскраве та тривале квітнення. Додатково на декоративність впливає форма крони та унікальні забарвлення листових пластинок. Саме тому *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* 'Alba' мають дещо нижчу декоративність, ніж культивари із декоративним листям та плакучою формою крони.

Висновки до розділу 3:

1. Рослини роду *Cercis* L. у системі озеленення м. Києва представлені 4 таксонами, серед яких два культивари – *Cercis canadensis* 'Forest Pansy' та *Cercis siliquastrum* 'Alba'. Більшість виявлених екземплярів представлені лише видом *Cercis canadensis* L. Під час аналізу насаджень, встановлено, що незадовільний стан був лише у 1 % виявлених рослин, 10 % – задовільний стан, решта рослин були доброго та відмінного стану. Можна стверджувати, що використання рослин цього роду в озелененні все ж набирає популярності, адже тільки в парку Партизанської слави зростає 32 рослини *Cercis canadensis* 'Forest Pansy', які були висаджені не більше 5 років тому.

2. Унаслідок фенологічних спостережень за *Cercis siliquastrum* 'Alba' та *Cercis canadensis* L. можна стверджувати, що початок вегетаційного періоду в *C. siliquastrum* 'Alba' починається на декілька днів раніше, ніж у *Cercis canadensis* L. На нашу думку це може бути спричинене різними умовами місцезростання. Відповідно до цього і змінюється тривалість вегетаційного періоду на 10 днів. Окрім цього, відмічено, що *Cercis canadensis* L. починає фазу зміни забарвлення листя і листопаду раніше, ніж *C. siliquastrum* 'Alba'.

3. Основна декоративна ознака рослин цього роду проявляється рано навесні під час яскравого квітування рожевим кольором. Проте, аналізуючи існуючі культивари, можна сказати, що рослини дослідного роду здатні підтримувати декоративність упродовж усього вегетаційного періоду за рахунок унікальної форми крони або яскравого забарвлення листя. Зокрема, існують культивари з пістрявозабарвленим листям, плакучою формою крони, темно-червоним або жовтим кольором, із білими або махровими квітами. Усі ці ознаки позитивно впливають на декоративність роду *Cercis* L.

4. В результаті проведення оцінювання декоративності таксонів дослідного роду, встановлено, що всі таксони мають високу декоративність, проте найвищу (бал декоративності 34) мають культивари *C. canadensis* 'Carolina sweetheart' та *C. canadensis* 'Ruby Falls' за рахунок відповідно пістрявозабарвленого листя, яке змінює своє забарвлення дві за вегетаційний період та плакучої форми крон із пурпуровим забарвленням листків.

РОЗДІЛ 4

АДАПТИВНА СТІЙКІСТЬ РОСЛИН РОДУ *CERCIS* L. ДО УМОВ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Вплив умов місцезростання на морфометричні показники та накопичення вторинних метаболітів у пагонах *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* ‘Alba’

Зелені насадження в системі міського озеленення відіграють надважливу роль у ландшафтно-архітектурному, санітарно-гігієнічному, утилітарно-декоративному та інших аспектах міських аутекологічних зв'язків. Зокрема, усі зелені насадження зменшують рівень газо- та пилозабрудненості, покращують мікроклімат, зменшуючи навколишню температуру та підвищуючи вологість повітря, проте різні види справляються з цими завданнями по-різному, тому постає питання в коректності підбору рослин для міського озеленення відповідно до їхніх екологічних особливостей.

У зв'язку зі змінами клімату та значним зростанням антропогенного впливу потребує розширення асортимент садивного матеріалу під час створення міських насаджень. Як зазначає N. Seyidoğlu Akdeniz (2020), використання рослин роду *Cercis* L. для міського озеленення з білим, рожевим та фіолетовим кольором надає відчуття спокою, безперервності та життєвої сили, що так само відіграє важливу роль для рекреації міського населення.

Результати дослідження N. Nuzhyna et al. (2022) із визначення посухостійкості рослин на основі показників оводненості листків та втрати води за одиницю часу свідчать, що *Cercis canadensis* L. є досить посухостійким. У роботі розкриваються нові аспекти адаптації рослин до змінних умов довкілля, а також розглянуті стратегії виживання рослин в умовах клімату, що стрімко змінюється. Згідно з A. Nejad et al. (2018), вплив свинцю дозою 30 мг/л мав негативний ефект на розвиток *C. siliquastrum* L.: зменшувалася

площа листкової пластинки, довжина пагонів та вміст води в листках. Проте цей ефект нівелювався застосуванням нітратів (100 мг/л). Такі висновки вказують на важливість вивчення взаємодії рослин із токсичними металами та вживання можливих заходів для зменшення їхнього впливу. За даними F. Vignoli et al. (2021) використання лише газонів знижує температуру асфальтного покриття на 0,5 °C, а в поєднанні з деревами та кущами – приблизно на 0,9 °C, що зменшує негативний вплив «островів тепла» в міському середовищі. Додатково такий екосистемний підхід до облаштування газонів, дерев і кущів сприяє покращенню якості повітря та загального міського клімату. Зелені насадження сприяють поглинанню води та зменшенню ризику повеней, допомагаючи створити більш стійке та екологічно збалансоване середовище. Ці позитивні властивості розміщення зелених зон підтверджують важливість їхнього впровадження для досягнення сталого розвитку та покращення якості життя в містах.

Також за даними H. Bahri (2021) концентрація флавоноїдів у квітках *Cercis siliquastrum* L. зменшується у міру їхнього розвитку, а вміст терпенів навпаки збільшується, що може свідчити про зміни у вторинному метаболізмі залежно від фази розвитку рослини. Виявлені зміни в хімічному складі квітів *Cercis siliquastrum* L., зокрема, зниження концентрації флавоноїдів та збільшення вмісту терпенів, можуть також мати практичне значення в контексті використання цих рослин у ландшафтному дизайні або міському озелененні, спираючись на їхні характеристики та адаптаційні властивості. Враховуючи, що зміни у вторинному метаболізмі можуть бути пов'язані з фазами росту та розвитку, подальше дослідження цих механізмів може допомогти розробити стратегії для оптимізації умов вирощування *Cercis siliquastrum* L. для підвищення біологічної активності та стійкості цих рослин у різних екологічних умовах.

Дослідження A. Delbari et al. (2019) щодо абсорбції кадмію та свинцю коренями двох видів рослин роду *Cercis* L. дало можливість виявити різницю між ними в стійкості до забруднення ґрунту токсичними металами. Помітно, що рослини *Cercis siliquastrum* L. виявляють різні реакції на наявність цих

токсичних металів, що може мати практичне значення для їхнього використання в програмах фітоекстракції або фітостабілізації забруднених ґрунтів. Урахування цих взаємодій може мати значення для сталого управління міським середовищем та ефективного використання рослин у процесах фітореабілітації.

Cercis canadensis L. – дерево заввишки до 18 м, із розлогою кроною, іноді це великий кущ, що робить його привабливим й універсальним в плані використання в ландшафтних композиціях (Федоровський та ін., 2013). Квіти від рожевого до фіолетового забарвлення, завдовжки 1,0-1,2 см, у пучках на гілках або на стовбурах (кауліфлорія – утворення квіток зі сплячих бруньок на стовбурі), дуже декоративні (Домшина & Щербак, 2015). Трапляється в підліску, у долинах на узліссях, у рідколіссі. В умовах м. Києва регулярно квітує та плодоносить (Калініченко, 2003; Заячук, 2014).

Загальний вигляд насаджень різниться: стан насаджень, що зростають поруч зі станцією метро Берестейська оцінили на 4 бали і вік приблизно 35 років (наявні сухі гілки, пошкодження стовбура або пригнічений розвиток); дерева що зростають по вулиці Табірна були оцінені на 3 бали, вік близько 15-20 років; стан рослин, що зростають по вул. В. Петріва та на території Інституту садівництва НААН (Національної Академії Аграрних Наук України) оцінили на 4-5 балів, а вік у межах 15-25 років. Стан *C. canadensis* L. та *C. siliquastrum* 'Alba', що зростають на території ботанічного саду ім. О. О. Фоміна, оцінюється як «добрий» – наявна незначна кількість сухих гілок і вік дерев складає близько відповідно 40-45 та 20 років (рис. 4.1).

Динаміка розвитку й росту пагонів за вегетаційний період доволі точно описується функцією Гауса, яка в ідеальних умовах має дзвоноподібну форму з піком у центрі або близько до нього (формула 4.1):

$$f = a \cdot \exp\left(-0,5 \cdot \left(\frac{(x-x^0)}{b}\right)^2\right), \quad (4.1)$$



Рис. 4.1. Загальний вигляд рослин *Cercis canadensis* L.*

Примітка. *Створено автором; а – група рослин біля метро Берестейська; b – рослина на вул. Табірна; с – група рослин на вул. В. Петріва; d – явище кауліфлорії

Водночас, як видно з нижче наведених регресійних моделей (рис. 4.2), піки кривих зміщені вправо, що може свідчити про те, що рослинам не вистачає суми активних температур для завершення процесів здерев'яніння пагонів і повноцінного переходу в зимовий період. Крім того, під час спостереження за рослинами в період вегетації було встановлено, що для рослин роду *Cercis* L. характерним є відділення і опадання одного або декількох останніх міжвузлів.

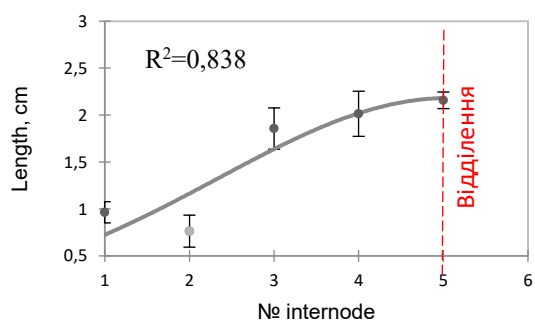
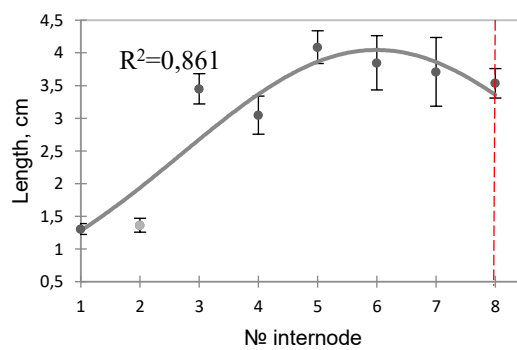
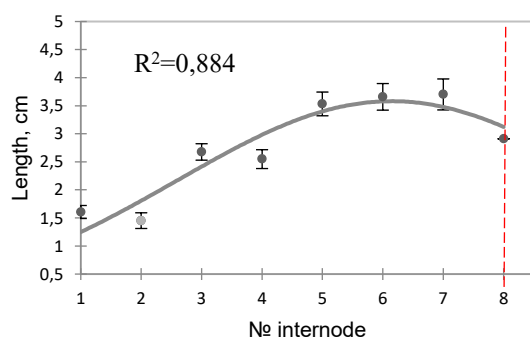
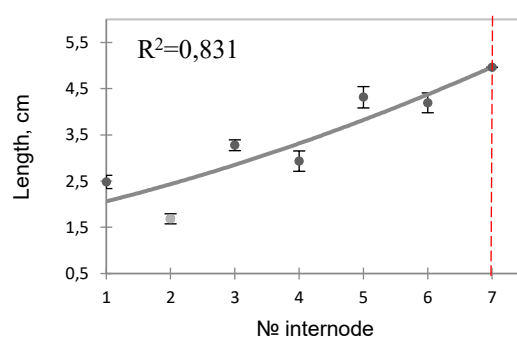
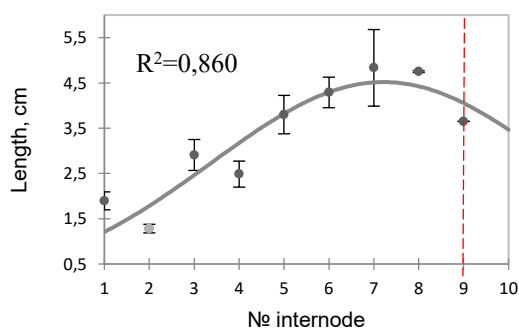
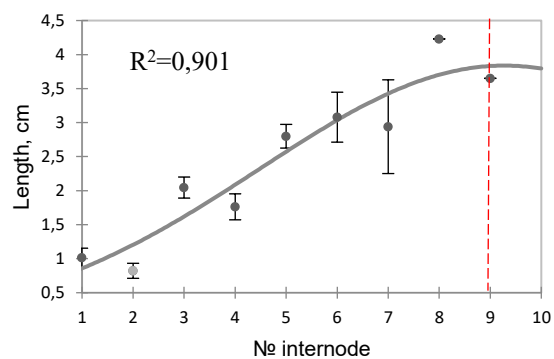
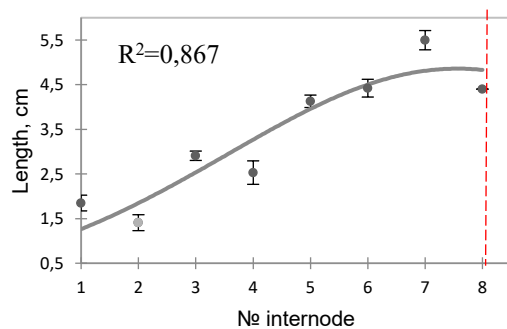
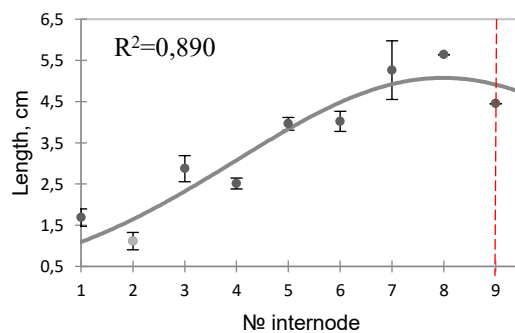
Така особливість є характерною для всіх пагонів і починає проявлятися в період завершення активного росту. Отже можна стверджувати, що рослина проявляє адаптаційний механізм для проходження несприятливого зимового періоду з найменшою шкодою для власного організму.

Стан та координати місцезнаходження досліджуваних рослин*

№ п/п	Координати	Шифр	Оцінка стану рослини	Місцезнаходження	Тип посадки
1	50.3831696 30.5027045	S1	4	Ботанічний сад ім. Фоміна**	Солітер
2	50.3831696 30.5027045	S7	4	Ботанічний сад ім. Фоміна	Солітер
3	50.351953 30.442145	S8	5	Інститут садівництва НААНУ	Солітер
4	50.459376, 30.419858	S9	3	ст. м. Берестейська	Групова
5		S2	4		
6		S10	4		
7		S3	4		
8		S4	4		
9		S5	4		
10		S11	2		
11	50.459444	S13	3	Вул. Табірна	Солітер
12	30.421137	S14	3	Вул. Табірна	Солітер
13	50.3831696 30.5027045	S15	5	Вул. В. Петріва	Групова
14		S12	3		
15		S6	4		

Примітка. *Створено автором; ***Cercis siliquastrum* 'Alba';

Зовнішній стан рослин, що зростали в затінених умовах або за умов конкуренції інших рослин мали гірший зовнішній стан, ніж рослини, що зростали на сонячних ділянках. Варто зауважити, що солітерні рослини, які зростали по вул. Табірна знаходяться в майже постійному затіненні, а також мають пригнічення зовнішнього вигляду, видовжені пагони, крона з розрідженою кількістю листя.

S2**S8****S3****S9****S11****S12****S13****S14**

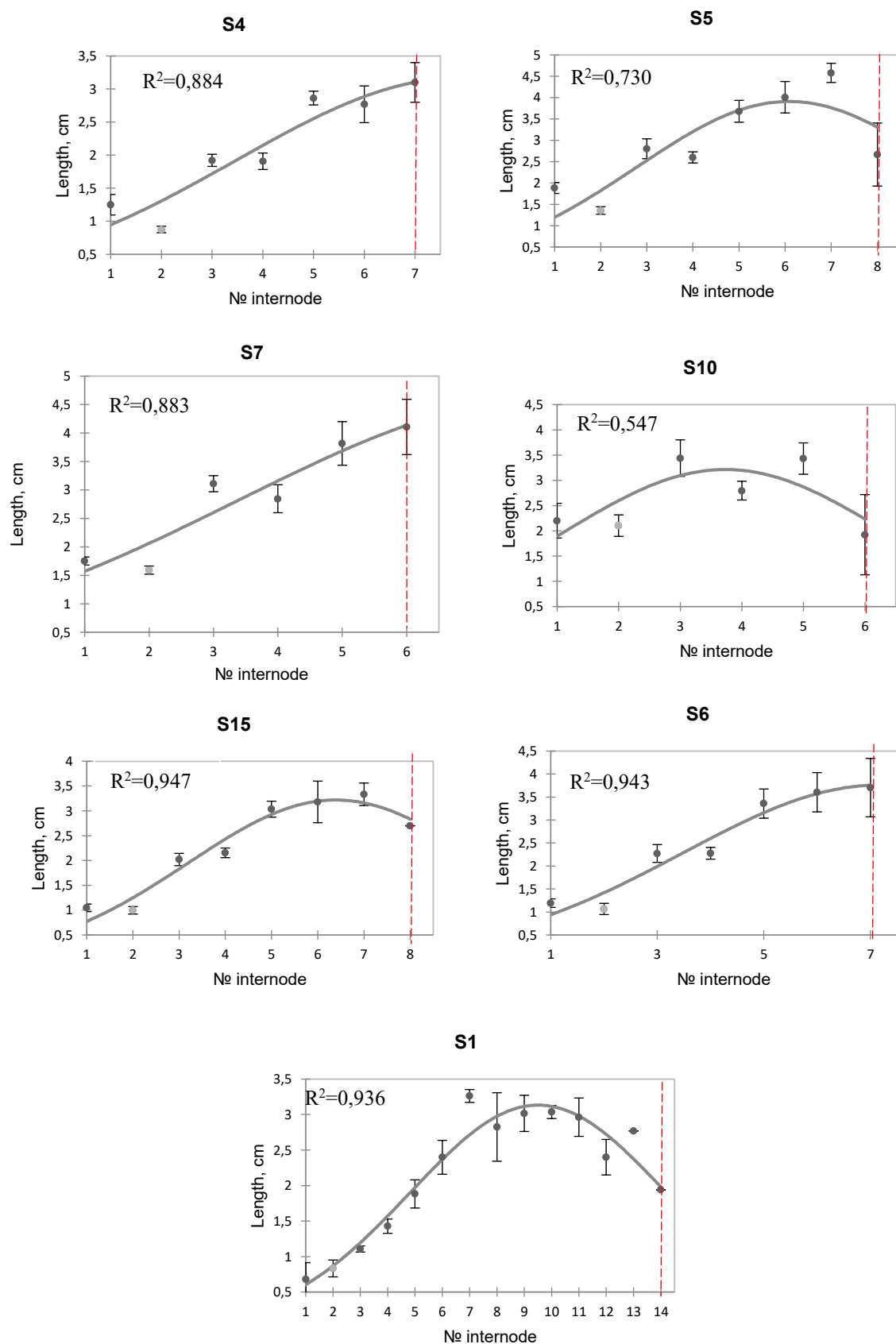


Рис. 4.2. Динаміка зміни довжини міжвузлів однорічних пагонів упродовж вегетації*

Примітка. *Створено автором

Зменшення коефіцієнтів апроксимації моделі Гауса, що описує динаміку зміни довжини міжвузлів, пов'язане зі зміщенням піка максимального росту вправо в координаті часу. Показники довжини й діаметру міжвузлів однорічних пагонів та їхнє співвідношення залежно від місцезростання рослин наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Морфометричні показники рослин *Cercis* L. ($x \pm SE$, $n = 5$)*

Місцезростання та шифр	К-сть міжвузлів, шт	Довжина міжвузлів (l), см			Діаметр (d), мм			l/d			Загальна довжина, см
		1	3	5	1	3	5	1	3	5	
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
A ₁ (S2)	4,8	0,96 ±0,11	1,86 ±0,22	2,16 ±0,09	0,21 ±0,01	0,18 ±0,01	0,14 ±0,01	4,6 ±0,48	10,13 ±0,96	15,28 ±0,72	7,32
A ₂ (S9)	5,8	2,48 ±0,14	2,93 ±0,22	4,96 ±0	0,25 ±0,02	0,20 ±0,01	0,17 ±0,0	10,21 ±0,38	14,84 ±0,67	29,18 ±0,0	18,20
A ₃ (S10)	5,6	2,20 ±0,34	2,80 ±0,19	1,92 ±0,79	0,21 ±0,01	0,17 ±0,01	0,12 ±0,01	10,35 ±1,39	16,22 ±0,31	26,96 ±1,66	15,90
A ₄ (S3)	5	1,61 ±0,12	3,53 ±0,21	2,91 ±0,0	0,28 ±0,03	0,20 ±0,02	0,15 ±0,0	5,96 ±0,76	18,46 ±2,07	19,40 ±0,0	19,01
A ₅ (S4)	6,2	1,25 ±0,16	1,91 ±0,12	3,10 ±0,3	0,24 ±0,02	0,19 ±0,02	0,13 ±0,01	5,33 ±0,78	10,30 ±1,02	23,81 ±0,48	12,28
A ₆ (S5)	7,2	1,88 ±0,13	3,68 ±0,26	2,67 ±0,74	0,28 ±0,02	0,21 ±0,02	0,14 ±0,01	6,73 ±0,43	17,70 ±1,34	18,52 ±3,69	20,79
A ₇ (S11)	7	1,89 ±0,2	3,80 ±0,42	3,65 ±0,0	0,26 ±0,03	0,19 ±0,03	0,15 ±0,0	7,35 ±0,74	20,40 ±1,66	24,33 ±0,0	21,33
B ₈ (S13)	6,6	1,85 ±0,18	4,13 ±0,14	4,40 ±0,0	0,26 ±0,02	0,19 ±0,02	0,12 ±0,0	7,36 ±0,98	23,06 ±2,95	36,67 ±0,0	20,54
B ₉ (S14)	6,8	1,68 ±0,21	3,96 ±0,15	4,45 ±0,0	0,26 ±0,03	0,20 ±0,03	0,18 ±0,0	6,40 ±0,19	21,32 ±2,66	24,72 ±0,0	20,53
C ₁ (S15)	7	1,05 ±0,08	3,03 ±0,16	2,70 ±0,0	0,28 ±0,01	0,21 ±0,01	0,15 ±0,0	3,70 ±0,2	14,96 ±1,1	18,00 ±0,0	15,64
C ₂ (S12)	6,8	1,02 ±0,14	2,80 ±0,17	3,65 ±0,0	0,24 ±0,03	0,19 ±0,03	0,17 ±0,0	4,71 ±0,91	16,38 ±2,13	21,47 ±0,0	14,25
C ₃ (S6)	6,2	1,19 ±0,09	2,28 ±0,13	3,71 ±0,64	0,26 ±0,03	0,22 ±0,02	0,17 ±0,01	4,71 ±0,55	10,88 ±1,14	22,59 ±4,53	14,53
D(S8)	7	1,31 ±0,08	4,09 ±0,25	3,54 ±0,23	0,26 ±0,02	0,19 ±0,02	0,14 ±0,02	5,13 ±0,45	21,85 ±1,14	26,33 ±1,26	20,74
E ₁ (S1)	10,2	0,68 ±0,23	2,83 ±0,48	1,94 ±0,0	0,42 ±0,03	0,28 ±0,03	0,22 ±0,0	1,58 ±1,07	9,96 ±1,46	8,82 ±0,0	20,51
E ₂ (S7)	5,4	1,75 ±0,07	2,85 ±0,25	4,11 ±0,49	0,30 ±0,02	0,26 ±0,03	0,23 ±0,01	5,96 ±0,66	11,19 ±0,75	17,61 ±2,13	14,82

Примітка. *Створено автором; А – м. Берестейська; В – вул. Табірна; С – сквер В. Петріва, D – Інститут Садівництва НААН України; Е – Ботанічний сад ім. Фоміна (E1 – *Cercis siliquastrum* ‘Alba’; E2 – *Cercis canadensis* L.); де «1», «3», «5» – перше, середнє та останнє міжвузля

За даними таблиці 4.2 можна зробити висновки про обернену залежність між довжиною міжвузля та його діаметром. Для рослин, що зростають в умовах затінення або підвищеної вологості це співвідношення зростає, що загалом не характерно для рослин, які зазвичай ростуть на освітлених місцях. Такий ефект обумовлений видовженими міжвузлями за рахунок того, що рослина збільшує свої вегетативні органи в пошуку більшої кількості світла, в той час як рослини, що зростали в умовах достатньої кількості прямого сонячного світла могли нарощувати пагони в товщину, за рахунок накопичених речовин.

Також встановлено, що в рослин *Cercis* L., ймовірно через недостатню кількість суми активних температур, починається процес формування віддільного шару клітин, який блокує транспортну систему й надходження поживних речовин до верхівки пагону (рис. 3.3). Цей процес був активнішим у рослин на сонячних ділянках, можливо через більш інтенсивний ріст однорічних пагонів.



Рис. 4.3. Процес відділення останніх міжвузлів на верхівках пагонів *Cercis canadensis* L.*

Примітка. *Створено автором; а – зона відділення верхніх міжвузлів

У місцях «рубцювання», а також живих частинах міжвузля й тих, що почали відмирати, було виявлено формування прошарку клітин, подібного на перидерму. Перидерма активніше розросталась, потовщувалася в зоні провідних пучків, що призводило до блокування постачання поживних речовин до верхівки пагона. Як наслідок такого процесу відбувається відмирання останніх міжвузлів. Гіпотетично цей процес є генетично детермінованим і спрямованим на захист апікальної меристеми в період спокою рослин у зимовий період (рис. 4.4).

Біохімічне профілювання вторинних метаболітів перидерми й кори однорічних пагонів рослин *Cercis canadensis* L. дало можливість виявити 15 речовин, які за показниками Rf і специфікою автофлуоресценції в ультрафіолеті (УФ) ($\lambda = 365$ нм) відносяться до фенолкарбонових кислот, їхніх кон'югантів та флавоноїдів (дод. Б).

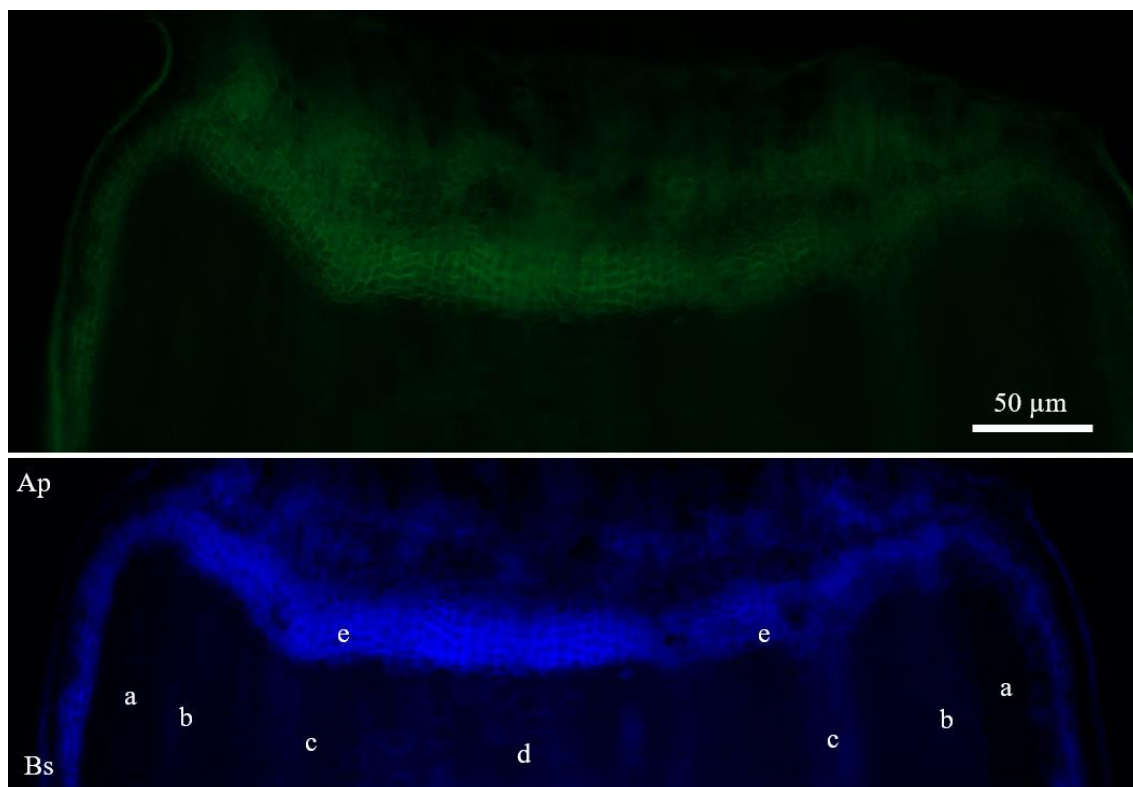


Рис. 4.4. Автофлуоресценція тканин вузла однорічного пагона в зоні утворення віддільного шару (радіальний зріз)*

Примітка. *Створено автором; а – кора; b – флоема; c – ксилема; d – серцевинна паренхіма; e – віддільний шар; Ar – апікальна частина; Bs – базальна

частина; DAPI ($\lambda_{exc} = 357/44 \text{ nm}$; $\lambda_{em} = 447/60 \text{ nm}$); GFP ($\lambda_{exc} = 482/25 \text{ nm}$; $\lambda_{em} = 524/24 \text{ nm}$)

За результатами кластерного аналізу, за характеристиками фітохімічних профілів, були виділені 3 основні групи рослин. Для рослин, які утворили перший кластер, характерним є те, що вони зростають на сонячних ділянках без ознак притінення, але відсутні речовини з $R_f \sim 0,69$ та $R_f \sim 0,77$ (рис. 4.5).

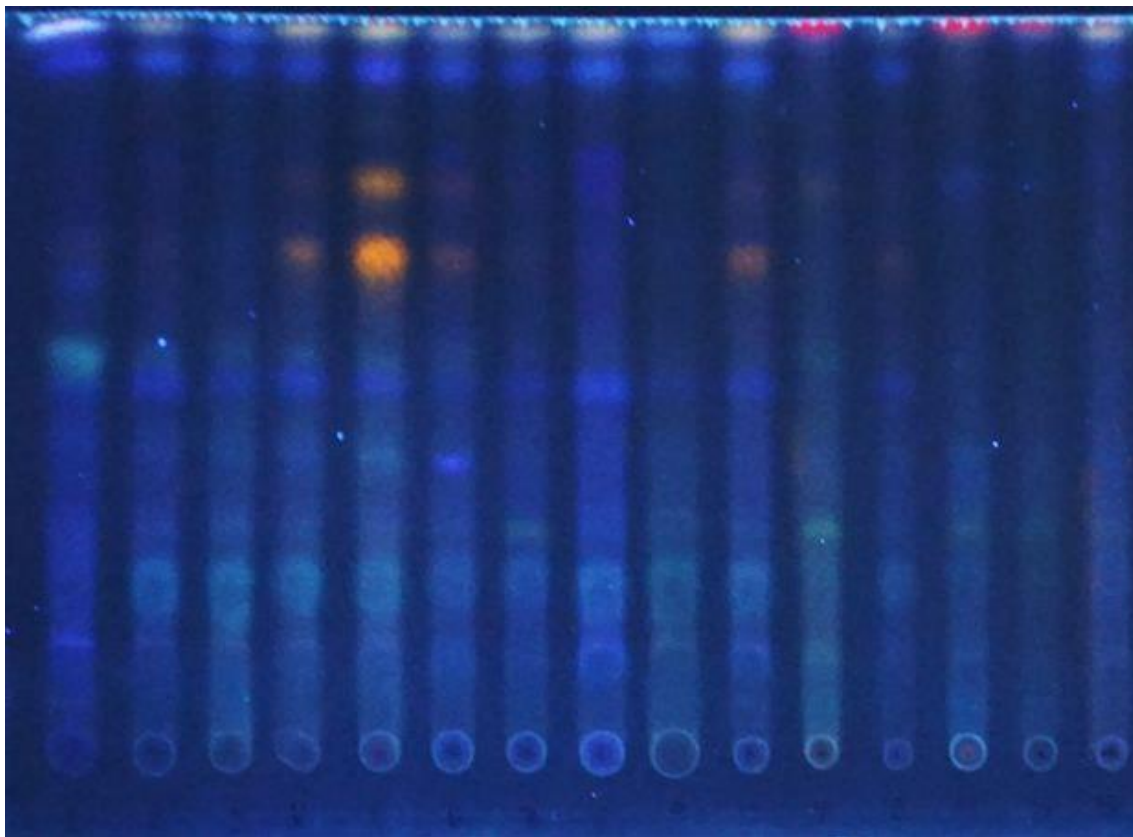


Рис. 4.5. Біохімічне профілювання вторинних метаболітів методом високоефективної тонкошарової хроматографії

Примітка. *Розроблено автором

Для рослин, які об'єдналися за біохімічним профілем у другий кластер, характерна наявність флавоноїдів з $R_f \sim 0,69$ та $R_f \sim 0,77$. Зовні ці рослини не мають ознак пригнічення в рості, без особливих пошкоджень стовбура або дерева загалом. У груповій посадці зростають 3 з 5 рослин, інші рослини так само зростають на сонячній ділянці, а їхній вік становить 25-35 років. Окрім цього рослина під шифром S5 характеризувалася досить високою концентрацією

речовини $Rf \sim 0,69$ та $Rf \sim 0,77$. На цій рослині в період вегетації формувались хлорофілдефектні листки (дод. В). Не виключено, що між підвищеною концентрацією речовин і депігментацією листкової пластини є певний зв'язок, який потребує додаткових досліджень (рис. 4.6).

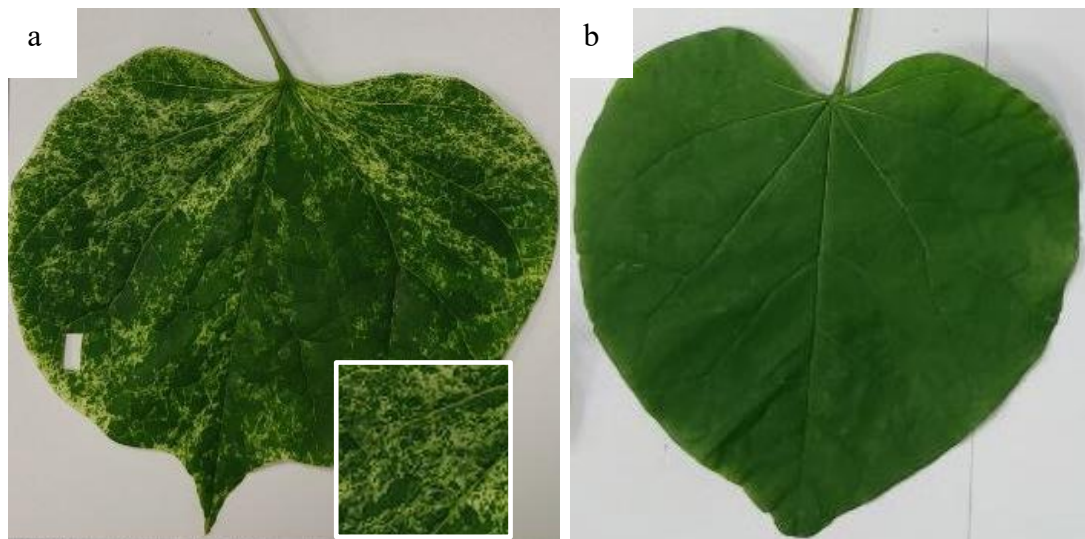


Рис. 4.6. Хлорофілдефектний (а) та нормальний (b) листок*

Примітка. *Створено автором

Третій кластер розділявся на 2 підкластера. В одному з них виявлена речовина з $Rf \sim 0,39$, яка не була присутня в жодному зразку кори та перидерми однорічних пагонів. Зменшена кількість фенольних сполук на хроматограмі характерна для рослин, які об'єднані в другий підкластер третього кластеру (рис. 4.7).

Ці рослини зростають у затінених умовах та на протяхах. А оскільки між режимом освітлення й синтезом фенолів існує пряма залежність, оскільки фенольні сполуки відіграють важливу роль у захисті рослини від ультрафіолетового випромінювання, тому це пояснює знижену концентрацію речовин у перидермі й корі рослин цього підкластеру. А центри синтезу частини цих речовин частково пов'язані із хлоропластами.

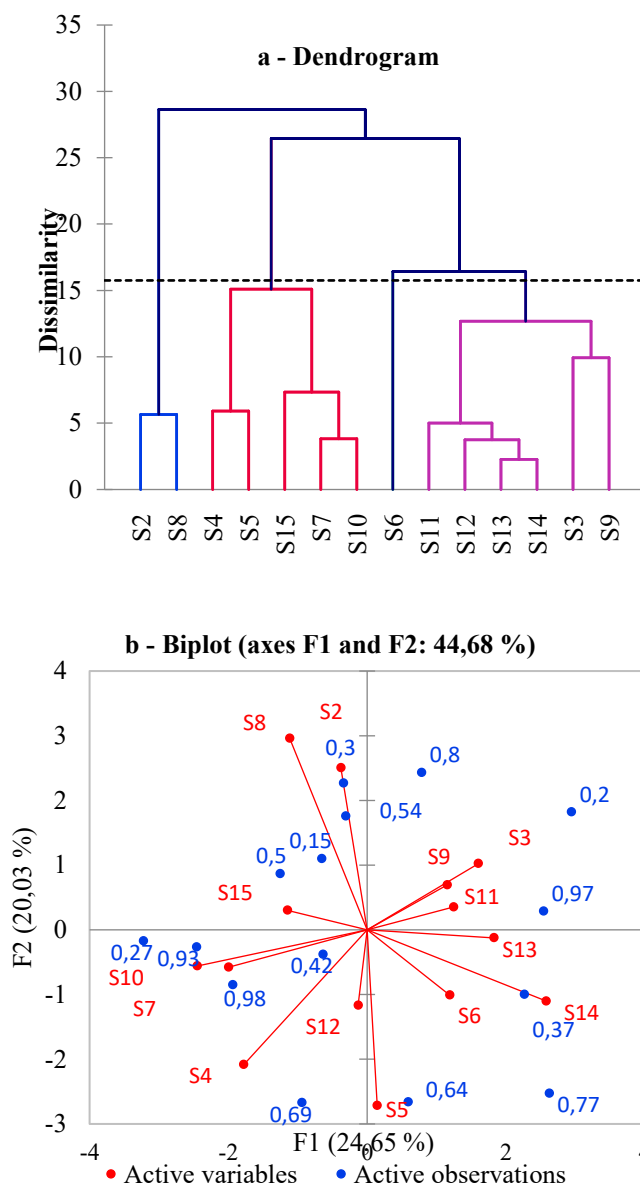


Рис. 4.7. Результати кластерного (АНС) (а) та біплот аналізу головних компонентів (PCA) (b)*

Примітка. *Створено автором

За результатами біплот аналізу на основі головних компонент (PCA) встановлено, що сумарна дисперсія за основними компонентами F1 та F2 складає 44,68 % (рис. 4.7). За першою головною компонентою вирізняються речовини зі значним внеском у загальну дисперсію $R_f \sim 0,97; 0,37$ і $R_f \sim 0,93; 0,27$.

Окрім вищезазначених досліджень, був проведений анатомічний аналіз листових пластинок відібраних із різних частин крони дослідних рослин: ззовні крони та із середини (дод. В). Метою цього експерименту було встановити вплив

місцезростання на анатомічну будову листових пластинок у розрізі кількісного показника продихових клітин та їхніх морфометричних параметрів, а також як змінюються ці параметри залежно від просторового розміщення листових пластинок на рослині. Продихові клітини відіграють важливу роль у газообміні та транспіраційних процесах рослини. Зокрема, через продихи відбувається випаровування вологи, поглинання вуглекислого газу та виділення кисню. Ці функції продихів у рослині регулюються наноархітектурою клітинної стінки та тургором, які так само контролюють розмір продихових щілин для покращення газообміну та фотосинтезу. Як зазначає Keupia et. al (2023), у процесі регулювання транспірації не так важлива кількість продихів, як їхні розміри. Вони стверджують, що менша кількість продихів, проте більш розкритих, може випаровувати більше води, ніж та частина листової пластинки, у якої кількість продихів велика, але продихова щілина замкнена. Під час проведення дослідів візуально було встановлено різницю в інтенсивності автофлуоресценції продихових клітин. Зокрема, продихи листових пластинок, відібраних із зовнішньої частини крони, мали більш інтенсивне забарвлення, аніж у листках, відібраних із середини крони (рис. 4.8 та рис. 4.9).

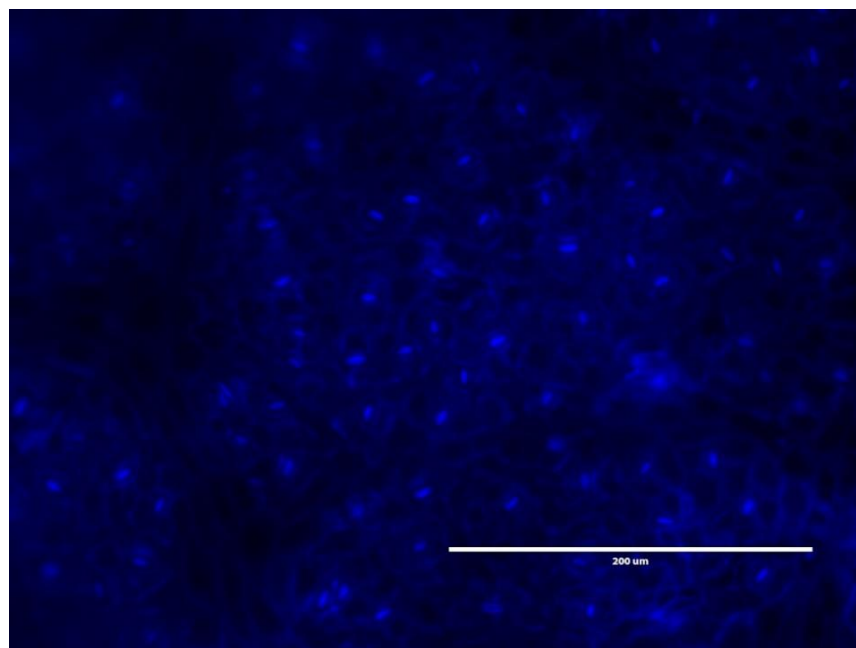


Рис. 4.8. Автофлуоресценція продихів у листках *Cercis canadensis* L., відібраних зовні крони*

Примітка. *Створено автором; DAPI ($\lambda_{exc} = 357/44 \text{ nm}$; $\lambda_{em} = 447/60 \text{ nm}$)

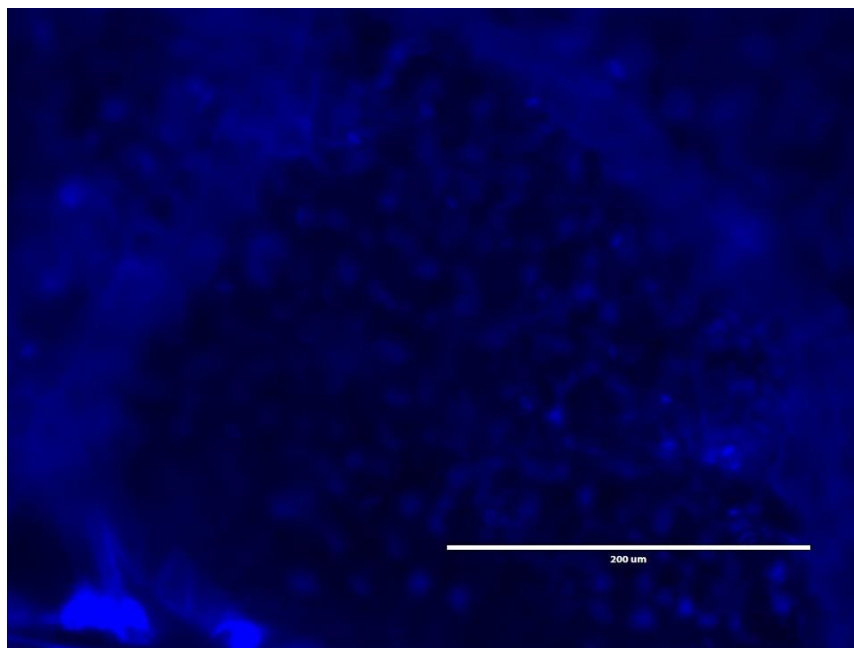


Рис. 4.9. Автофлуоресценція продихів у листках *Cercis canadensis* L., відібраних із середини крони*

Примітка. *Створено автором; DAPI (λ_{exc} = 357/44 nm; λ_{em} = 447/60 nm); місцезростання: ІС НААНУ

Результати обліку кількості продихових клітин наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Морфометричні показники продихів рослин роду *Cercis* L.**

Місцезростання та шифр рослин	Кількість продихів, шт.	Std. Dev	Довжина, нм	Std. Dev.	Ширина, нм	Std. Dev
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
E ₁ (S1)	17,4	2,3	18,7	2,4	10,2	1,9
E ₁ (S1)*	12,6	2,7	23,8	3,8	14,4	3,8
E ₂ (S7)	26,3	2,2	16,4	3,5	8,0	1,1
E ₂ (S7)*	15,8	3,1	21,1	3,7	12,7	2,4
A ₁ (S2)	31,2	5,3	16,9	3,0	8,7	1,6
A ₁ (S2)*	15,8	2,7	19,6	2,0	12,4	1,9
A ₂ (S9)	32,4	4,6	17,1	2,4	9,1	1,6
A ₂ (S9)*	16,2	3,8	21,3	2,6	11,6	1,4
A ₃ (S10)	31,8	6,2	15,6	2,1	7,6	1,1
A ₃ (S10)*	15,8	1,6	21,8	2,7	11,3	1,6
A ₄ (S3)	26,4	5,2	17,3	3,7	8,7	1,3
A ₄ (S3)*	21,2	5,7	20,4	1,8	11,6	1,4
A ₅ (S4)	34,4	9,7	13,1	3,5	7,6	1,1
A ₅ (S4)*	18,0	2,2	20,4	2,3	11,8	1,8

1	2	3	4	5	6	7
A ₆ (S5)	26,4	3,9	19,3	5,4	11,8	3,9
A ₆ (S5)*	13,0	1,6	18,2	2,5	11,6	2,5
A ₇ (S11)	24,0	2,9	18,2	4,0	9,8	2,4
A ₇ (S11)*	13,6	1,5	21,8	2,7	13,1	1,9
B ₈ (S13)	27,6	6,6	16,7	3,5	10,2	2,1
B ₈ (S13)*	12,2	0,8	16,7	3,2	11,1	1,8
B ₉ (S14)	29,6	2,8	14,4	3,4	7,3	1,5
B ₉ (S14)*	14,4	4,2	15,8	2,2	9,1	1,6
C ₁ (S15)	40,8	6,6	14,9	3,0	7,6	1,1
C ₁ (S15)*	21,2	2,8	15,1	2,3	7,8	1,9
C ₂ (S12)	23,4	5,1	16,4	1,1	8,2	1,5
C ₂ (S12)*	15,4	2,9	19,1	1,9	10,4	1,8
C ₃ (S6)	26,8	5,4	15,1	2,0	8,2	2,4
C ₃ (S6)*	19,6	2,1	16,7	1,6	9,6	1,5
D(S8)	57,6	4,8	16,7	2,6	7,6	1,9
D(S8)*	24,2	4,8	17,3	2,3	11,6	1,4

Примітка. **Створено автором; *Листки відібрані із середини крони

Із даних таблиці 4.3 можна зробити висновки, що кількість продихів на листовій пластинці прямо залежить від просторового розташування листової пластинки в кроні рослини. Отже, продихів більше в 1,5-2,0 рази на листках, які знаходяться у зовнішній частині крони (рис. 4.10).

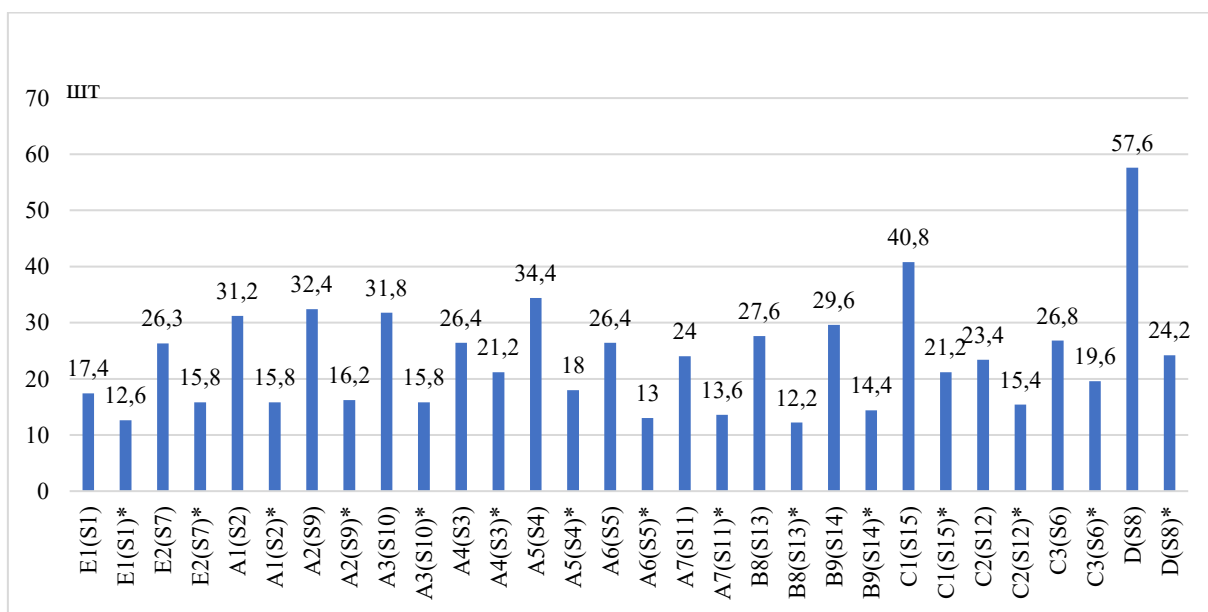


Рис. 4.10. Кількість продихів на площі листової пластинки $1,7 \cdot 10^5 \text{ нм}^2$ *

Примітка. *Створено автором

Окрім цього на кількісний показник продихових клітин впливає зовнішній стан рослини. Так, кількість продихів ззовні крони у рослини S11, зовнішній стан якої оцінено в 2 бали, майже вдвічі менше, ніж у рослини S15 стан, якої оцінено в 5 балів.

Проте, параметри довжини та ширини в них менші (співвідношення довжини й ширини варіюється в межах 1,1-1,5 раза), що свідчить про адаптаційний процес рослини задля зменшення випаровування вологи.

Під час мікроскопного дослідження листових пластинок за GFP ($\lambda_{exc} = 482/25 \text{ nm}$; $\lambda_{em} = 524/24 \text{ nm}$) продихи менш інтенсивно виділяються на загальному фоні (рис. 4.11).

Окрім кількості продихів, нами була визначена площа асимілюючої поверхні листків. Це один із важливих біометричних показників у життєдіяльності рослини, адже він приймає участь у таких процесах, як фотосинтез, транспірація, газообмін. Зокрема площа листової пластинки та її хімічний склад може слугувати індикатором реакції рослини на стрес, захворювання або пошкодження шкідниками (Гнатів та ін., 2020).

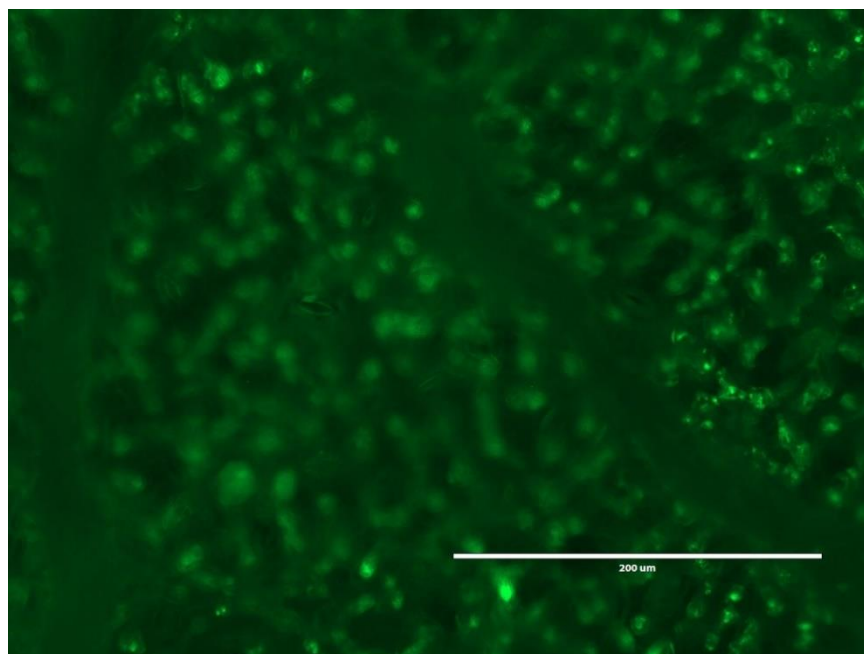


Рис. 4.11. Інтенсивність автофлуоресценції продихів у листках *Cercis canadensis* L.*

Примітка. *Створено автором

У результаті проведених досліджень встановлено, що площі листових пластинок дослідних рослин варіюються від 4899,5 мм² для дерева під шифром S9 та до 10816,4 мм² для *Cercis canadensis* L. під шифром S3 (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Біометричні параметри листків рослин роду *Cercis* L.*

Місцезростання (шифр)	Площа (мм ²)	Довжина (мм)	Ширина (мм)	Д/Ш	Периметр (мм)
E ₁ (S1)	5500,3	87,4	84,4	1,0	284,1
Std. dev.	1234,3	9,7	12,0	0,1	37,7
E ₂ (S7)	7587,1	121,5	105,5	1,1	372,6
Std. dev.	2864,4	40,1	22,5	0,3	103,7
A ₁ (S2)	6633,8	104,3	92,3	1,1	326,0
Std. dev.	2429,7	18,9	19,8	0,1	66,8
A ₂ (S9)	4899,5	85,7	79,0	0,9	278,1
Std. dev.	1615,2	11,6	11,8	0,1	37,8
A ₃ (S10)	9440,7	124,5	113,3	0,9	409,5
Std. dev.	1798,4	14,3	11,8	0,1	43,8
A ₄ (S3)	10816,4	124,8	130,4	1,4	438,4
Std. dev.	4295,1	26,4	22,6	0,9	75,8
A ₅ (S4)	5542,4	88,5	89,5	1,0	301,5
Std. dev.	2059,7	17,5	16,4	0,1	64,6
A ₆ (S5)	6892,3	96,0	99,5	1,0	339,1
Std. dev.	2920,3	23,7	23,4	0,1	84,7
A ₇ (S11)	7391,0	103,7	103,0	1,0	348,5
Std. dev.	1874,0	16,3	12,0	0,1	38,7
B ₈ (S13)	8748,4	114,7	106,1	0,9	385,4
Std. dev.	5288,6	33,1	32,4	0,1	126,1
B ₉ (S14)	7360,0	106,1	99,3	0,9	349,6
Std. dev.	2957,2	28,5	24,4	0,1	86,2
C ₁ (S15)	9449,7	126,5	111,2	0,9	416,5
Std. dev.	1982,7	12,1	17,1	0,1	54,2
C ₂ (S12)	9800,3	114,1	120,9	1,2	406,2
Std. dev.	4449,9	30,6	31,6	0,3	115,0
C ₃ (S6)	9800,3	114,1	120,9	1,2	406,2
Std. dev.	4449,9	30,6	31,6	0,3	115,0
D(S8)	9647,9	118,1	119,8	1,0	389,6
Std. dev.	1338,9	9,5	12,1	0,1	37,8

Примітка. *Розраховано автором

Беручи до уваги, що загальний стан рослини S9 задовільний, а власне дерево зростає на сонячній ділянці, можна припустити, що зменшення площі листової пластинки є пристосуванням для зменшення транспірації.

У рослин, у яких співвідношення довжини до ширини листка менше 1,0, листові пластинки розширюються, збільшуючи площу поглинання сонячного світла та ефективність фотосинтезу.

До таких рослин можна віднести B₈ та B₉, а також A₇, які зростають в умовах постійного затінення. Хоч найбільший показник площі листових пластинок має рослина локалітету A₄ (S3), проте рослини з локалітету C₁₋₃ мають менше значення стандартного відхилення, що свідчить про більш округлі розміри листків на рослинах, що так само може свідчити про сприятливіші умови зростання. Ці рослини ростуть на сонячній ділянці, мають добрий або відмінний стан та не мають ознак пригнічення росту.

Листки *Cercis siliquastrum* 'Alba' значно відрізняються розмірами від *Cercis canadensis* L. (рис. 4.12). Зокрема, вони менші за площею та периметром, співвідношення довжини до ширини близько 1,0, що означає наближеність форми до округлої, а також листки *Cercis siliquastrum* 'Alba' мають досить низьку варіацію.



Рис. 4.12. Листки *C. siliquastrum* 'Alba' (A) та *C. canadensis* L. (B)*

Примітка. *Створено автором

Сучасний природний ареал роду входить у Голарктичне царство, окремі області якого розділені Атлантичним та Тихим океанами, проте, як зазначають Колдар et al. (2001), подібність видів, що зростають на території Північної Америки та Південної Європи пояснюється тим, що флори цих територій мають спільні ознаки, які зумовлені фактом існування Лавразії – материка, що об'єднував Північну Америку та Євразію. Цим керуються в своєму дослідженні С. Davis et al. (2002), стверджуючи, що *Cercis canadensis* L. зі східної частини Північної Америки тісніше пов'язаний із *Cercis siliquastrum* L., який зростає у західній частині Європи. Схожість рослин у межах одного роду часто підтверджується біохімічними дослідженнями. Це пояснюється тим, що в адаптаційних процесах синтез вторинних метаболітів відіграє важливу роль. Під час власних досліджень виявлено подібність фенольних профілів рослин, що зростали в різних частинах Києва. Припускаємо, що подібність фітохімічних профілів зумовлена не тільки умовами місцезростання і чинниками зовнішнього середовища, а й генетичною спорідненістю. На додачу до цього виявлено, що процес відділення останніх міжвузлів притаманний не лише для *Cercis canadensis*, але й для *Cercis siliquastrum* 'Alba'.

Флавоноїди мають прямий або опосередкований вплив на живлення й ріст рослин (Likhanov et al., 2023). За даними S. Hassan et al. (2012), флавоноїди, залежно від їхньої структури, викликають позитивний хемотаксис ризобій, здатні пригнічувати кореневі патогени, хелатувати поживні елементи ґрунту та ін. За умов патологічних процесів з утворенням прижиттєвих вад деревини склад флавоноїдів змінюється (Likhanov et al., 2019). Зокрема, встановлено, що в рослин, які зростали в стресових умовах (затінення, протяги, засолення ґрунту, тощо) фітохімічні профілі були менш насиченими. Під час досліджень встановлено, що у рослин, які зростали на сонячних ділянках, наявні флавоноїди з $R_f \sim 0,69$ та $R_f \sim 0,77$. За даними A. Samanta et al. (2011) флавоноїди захищають рослини від різних біотичних та абіотичних стресів і можуть виступати як унікальний УФ-фільтр, функціонувати як сигнальні молекули, алелопатичні або як антимікробні захисні сполуки. Зокрема, як зазначає A. Rehman et al. (2023),

термостійкість рослин залежить від складної взаємодії різних чинників, включно з активацією реакцій теплового стресу, сигнальних шляхів і біосинтезу рослинних гормонів. Ця заплутана мережа механізмів призводить до виробництва кількох вторинних метаболітів, які відіграють вирішальну роль у підвищенні здатності рослин справлятися з високим температурним стресом. У своїх дослідженнях E. Koç et al. (2023) вказують на те, що збільшення вмісту вторинних метаболітів у рослині може свідчити про тісний взаємозв'язок між вторинними метаболітами та толерантністю до біотичних й абіотичних чинників. J. Al-Khayri et al. (2023) стверджують, що завдяки дії вторинних метаболітів рослини здатні утворювати природні інсектициди-репеленти. З огляду на те, що вторинні метаболіти виконують різноманітні функції, включно з посередництвом у взаємодії між організмами, реагуванням на чинники зовнішнього середовища та захистом рослин від інфекцій, шкідників та травоядних тварин. Подібним чином рослинні мікробіоти беруть участь у багатьох із вищезгаданих процесах прямо або опосередковано, контролюючи метаболізм рослин. Зокрема J. Herlina et al. (2022) дійшли висновку, що рослини можуть впливати на свій мікробіом, виділяючи різні сполуки, а також виявили, що мікробіом може впливати на метаболізм рослини-хазяїна. Окрім захисної функції, флавоноїди можна розглядати, як унікальні індикатори стану рослин, із визначенням умов місцезростання. Так, за даними досліджень A. Salatino et al. (2000), наявність глікозидів кемпферолу характерні для таксонів *Cercis* L. із достатньо зволжених регіонів, тоді як у рослин із посушливих умов місцезростання вони відсутні. За даними E. Ewais (1997), різні види рослин вирізняються толерантністю до надмірного вмісту важких металів у ґрунті. Він припускає, що інтегральним показником токсичної дії металів на рослини є пригнічення їхнього росту й зменшення вегетативної маси. Окрім цього, рослини, що зростають біля проїжджих частин піддаються підвищеному негативному впливу чинників міського середовища. У цих дослідженнях дерева *Cercis canadensis*, що зростали безпосередньо біля проїжджої частини, мали більш пригнічений стан, ніж інші рослини в групових насадженнях. У

фітохімічному профілі цієї рослини виявлено речовину ($R_f \sim 0,39$), наявність якої може бути маркером стресу рослини на дію негативних чинників.

Водночас, за умов оптимізації догляду за рослинами, проведення додаткових заходів, створення газонів, вони здатні покращувати екологічний стан міського середовища, зокрема знижувати температуру та підвищувати вологість повітря, затримувати дрібні частинки пилу тощо (Strashok et al., 2022). Як зазначає В. Шлапак & Л. Колдар (2006), рослини роду *Cercis* L. хоч і потребують оптимальної вологості, проте краще переносять нестачу вологи, аніж її надлишок і, як стверджують автори, за вологості ґрунту 80 % у рослин пригнічується розвиток, що в результаті призводить до відмирання. Рослини, що зростають у міських умовах страждають не лише від недостатньої кількості мікро- та макроелементів живлення, але й піддаються негативному впливу важких металів, які накопичуються через їхнє поглинання кореневою системою або листками. Різні види рослин вирізняються толерантністю до надмірного вмісту важких металів у ґрунті. Інтегральним показником токсичної дії металів на рослини є пригнічення їхнього росту й зменшення вегетативної маси.

Водночас Колдар et al. (2022) наводять приклад, що за рахунок щільної крони та досить великої листкової пластинки рослини цього роду здатні затримувати дрібні частинки пилу та важких металів. На думку L. Nakimi et al. (2015), *Cercis* L. може бути індикатором наявності в ґрунті важких металів, зокрема кадмію, за рахунок здатності накопичувати його в листках. Опираючись на дані досліджень можна зробити припущення, що за рахунок високої посухостійкості, щільної крони та великих листків рослини роду *Cercis* L. здатні створювати великі тіньові простори, що підвищить рівень комфорту для рекреації міських жителів.

4.2. Визначення потенційної посухостійкості рослин роду *Cercis* L.

Міське середовище характеризується інтенсивним впливом негативних чинників: підвищена температура повітря, недостатня зволоженість ґрунту,

загазованість повітря, вплив важких металів. Усі ці чинники призводять до пригнічення росту й розвитку рослини, що так само підвищує ризики аборигенних рослин до ураження хворобами та пошкодження шкідниками. Водночас це призводить до розширення асортименту стійких до зовнішніх чинників рослин, які можна використати для системи озеленення міста. Стійкість рослин до негативних абіотичних та біотичних чинників відіграє важливу природо-екологічну роль, адже резистентності до того або іншого виду стресу, а також здатність адаптовуватись до умов зростання є ключовими чинниками, що визначають ареал поширення рослинних організмів (Tyshchenko et al, 2023).

Деревні рослини в процесі свого розвитку проходять значну кількість річних циклів, які піддають їх впливу значних температурних стресів: як високих, так і низьких температур (Xiaojiao Han et al, 2022). Зокрема рослини активують різні механізми адаптації до дії чинників зовнішнього середовища. Lima et al. (2013) було встановлено, що під дією теплового стресу концентрація G- та S-лігніну збільшується, тоді як H-лігніну зменшується, що відіграє ключову роль в адаптації рослин до високих температур. У міських умовах в більшості випадків на рослини діє комплекс негативних чинників. Дослідники Zandalinas & Mittler (2022) припускають, що поява декількох негативних чинників підсилюють один одного, призводячи до досить складних проблем для рослини, що може призвести до їхньої повної загибелі.

Визначення рівня стійкості рослин до абіотичних чинників має на меті практичне значення застосування цих даних під час формування міських екосистем, розширюючи площі зелених насаджень, які в літній період зможуть нівелювати такі явища, як « міські острова тепла» (Önder & Akay, 2014; Zhao et al, 2018). Проведення експериментів із визначення різних параметрів водного режиму дасть змогу більш комплексно сформувати уявлення про характер реакції рослин на зміну температурного режиму, а також кореляцію їхнього водного режиму (Kannenberget al, 2019). Окрім посухи на рослини в межах міста може мати значний вплив дія важких металів, що також впливає на поглинання води кореневою системою, зменшуючи цей показник (Sitko et al., 2021).

Володіючи інформацією, на скільки пластично рослина реагує на низькі температури і тривалі періоди посухи, а також гранично допустимі значення цих чинників, можна розробляти раціональний підхід до використання тих або інших видів рослин у системі міського озеленення.

Як правило, під час стресових умов водонасиченість рослинних тканин зменшується і вода перерозподіляється в клітині, водночас кількість води, яка важко виділяється, різко збільшується, а кількість слабкозв'язаної води зменшується. У результаті зменшується активність обмінних процесів, але підвищується вологоутримуюча здатність. Як висновок, посухостійкість рослини залежить від неоднакової здатності клітин до екстракції води, звідси і різниця в стійкості рослин до в'янення листя. Отже, діагностувати посухостійкість рослин можна за втратою води зі зрізаного листя та пагонів. Втрата води листям відображає водний стан рослин і є ключем до виживання рослин під час стресу (Hu et al, 2012; Shi et al, 2012). З огляду на тенденції зміни клімату зростає занепокоєння тим, що рослинні фенофази відбуватимуться раніше і рослини будуть страждати від пізніх весняних заморозків (Ge et al, 2013). Отже потрібно володіти даними, щодо того, на скільки низькі температури зможуть витримувати рослини. Отримані дані в майбутньому можна буде використовувати для науково обґрунтованого використання і впровадження в систему озеленення міста інтродуцентів.

З метою пошуку стійких видів та розширення асортименту рослин, які можна використовувати при озелененні м. Києва було прийняте рішення, щодо визначення посухостійкості та морозостійкості культиварів рослин досліджуваного роду.

Водний дефіцит вологи в листових пластинках свідчить про те, на скільки забезпечена водою рослина та яку кількість води рослина потребує за ідеальних умов. На основі цього показника можна прогнозувати реакцію рослини на її нестачу, а також розраховувати кількісну потребу води через полив рослин. Дані розрахунку параметра дефіциту вологи занесені до таблиці 4.5.

Водний дефіцит листових пластинок таксонів роду *Cercis* L.*

Вид, культивар	Місцезростання	До насичення	Після насичення	Дефіцит вологи, %	Середній дефіцит вологи, %	Std Dev., %
<i>Cercis gigantea</i>	Приватний розсадник	2,579	2,781	7,26	11,41	3,59
		1,206	1,397	13,67		
		3,282	3,785	13,29		
<i>C. siliquastrum</i> ‘Alba’	Ботанічний сад ім. О. О. Фоміна	1,329	1,633	18,62	16,04	2,60
		1,899	2,263	16,08		
		1,587	1,833	13,42		
<i>C. canadensis</i> ‘Carolina sweetheart’	Приватний розсадник	0,711	0,782	9,08	10,37	1,12
		0,470	0,528	10,98		
		0,378	0,425	11,06		
<i>C. canadensis</i> ‘Vanilla Twist’	Приватний розсадник	2,438	2,771	12,02	8,71	2,98
		1,645	1,786	7,89		
		1,522	1,623	6,22		
<i>C. canadensis</i> ‘Ruby Falls’	Приватний розсадник	1,473	1,775	17,01	14,77	3,77
		1,066	1,190	10,42		
		1,227	1,476	16,87		
<i>C. canadensis</i> L.	вул. В. Петріва	0,502	0,556	9,71	9,28	0,41
		1,893	2,078	8,90		
		1,661	1,830	9,23		

Примітка. *Розраховано автором

Аналізуючи дані з таблиці 4.5, отримані в результаті проведення досліджень з водного дефіциту листових пластинок рослин роду *Cercis* L., можна зробити висновки, що середній показник дефіциту вологи коливається в межах 9-16 %, що свідчить про середню посухостійкість. Як зазначають у своїй праці

Havryluik O. et. al (2024) показник водного дефіциту, який не перевищує 13,8 % свідчить про високий рівень посухостійкості рослини. У якості контрольного зразка використовували листки *Cercis canadensis* L., оскільки рослин цього виду найбільша кількість в м. Києві. Серед усіх зразків найкращі показники водного дефіциту мали зразки *Cercis canadensis* 'Vanilla Twist' ($8,71 \pm 2,98$ %), дещо більший дефіцит вологи, ніж контрольні зразки мали листки *C. canadensis* 'Carolina sweetheart' $10,37 \pm 1,12$ %. Проте такі види як *C. gigantea* та культивар *C. canadensis* 'Ruby Falls' мали досить високі показники дефіциту вологи, що може свідчити про те, що недостатня кількість вологи пригнічуватиме ріст і розвиток. Відмічено певну особливість насичення вологи для дослідних рослин: так, *C. gigantea* мав насичення вологи по всій площі листової пластинки, тоді як *C. siliquastrum* 'Alba' мав насичення візуально вздовж основних жилок (рис. 4.13).

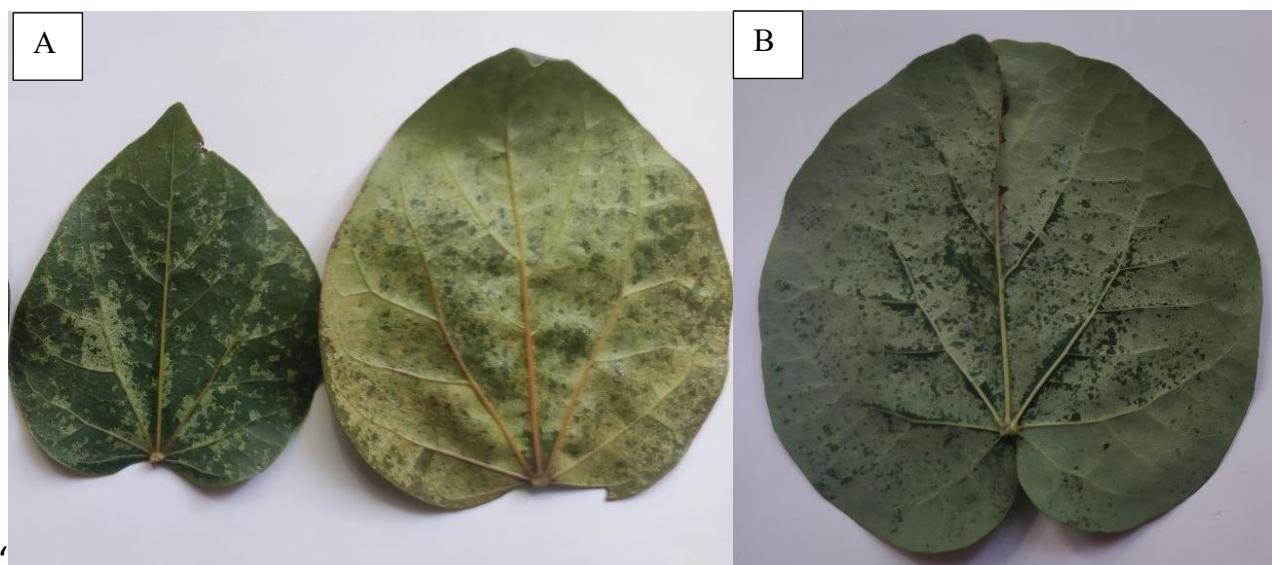


Рис. 4.13. Листові пластинки А – *C. gigantea* та В – *C. siliquastrum* 'Alba' після насичення вологою*

Примітка. *Створено автором

Як стверджує Sands & Rutter (1958), показник дефіциту вологи прямо залежить від умісту вологи в ґрунті. Згідно з їхнім дослідженням дефіцит вологи листків на світанку є найкращим індексом вологості ґрунту, адже показники транспірації мінімальні. З огляду на результати досліджень можна зробити

припущення, що найкраще в міських умовах можуть себе почувати *C. canadensis* L. та його культивар *C. canadensis* ‘Vanilla Twist’.

Жаростійкість рослин один з основних показників, на який потрібно звертати увагу під час підбору рослин для створення зелених насаджень у міських умовах. Жаростійкість рослин характеризується, як здатність рослин витримувати високі температури. Суть цього методу полягає у тому, що рослину піддають дії критично високих температур і визначають ступінь пошкодження тканин. У нашому випадку термічній дії піддавалися листові пластинки й окомірно визначалася частка пошкоджених тканин (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Жаростійкість рослини роду *Cercis* L. за $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ *

Вид	Пошкодженість площі листових пластинок у % за різних експозицій у НСІ (0,2 нормальна)								
	1 хв			3 хв			5 хв		
<i>Cercis gigantea</i>	0	2	1	10	15	12	15	22	18
<i>C. siliquastrum</i> ‘Alba’	0	0	0	1	2	1	2	2	3
<i>C. canadensis</i> ‘Carolina sweetheart’	0	0	1	0	0	1	3	3	5
<i>C. canadensis</i> ‘Vanilla Twist’	2	3	1	2	4	2	4	6	5
<i>C. canadensis</i> ‘Ruby Falls’	17	18	20	26	28	25	30	33	30
<i>C. canadensis</i> L.	4	5	3	10	8	10	14	12	15

Примітка. *Розраховано автором

На основі даних таблиці 4.6 можна зробити короткі висновки, що за короткотривалої дії високих температур рослини роду *Cercis* L. здатні їх переносити без критичних пошкоджень для рослинного організму. Зокрема, найкращу жаростійкість мають культивари *C. canadensis* ‘Vanilla Twist’,

C. canadensis ‘Carolina sweetheart’ та *C. siliquastrum* ‘Alba’. Пошкодження листових пластинок за температури 50 °C склало близько 5 % для всіх зразків за експозиції листків у HCl упродовж 5 хв. Водночас *Cercis canadensis* L. має середні показники жаростійкості з пошкодженням листової пластинки близько 13 %. Найгірші ж результати з посухостійкості мають *C. gigantea* та *C. canadensis* ‘Ruby Falls’ із пошкодженням листової пластинки близько 18 % та 30 % відповідно (рис. 4.14).

Порівнюючи отримані результати жаростійкості культиварів із контрольним зразком (*Cercis canadensis* L.), можна зробити висновки, що культивари *C. canadensis* ‘Carolina sweetheart’, *C. canadensis* ‘Vanilla Twist’ та *C. siliquastrum* ‘Alba’ будуть краще переносити періоди підвищених температур і недостатньої кількості вологи, ніж *C. canadensis* ‘Ruby Falls’ або *C. gigantea*.

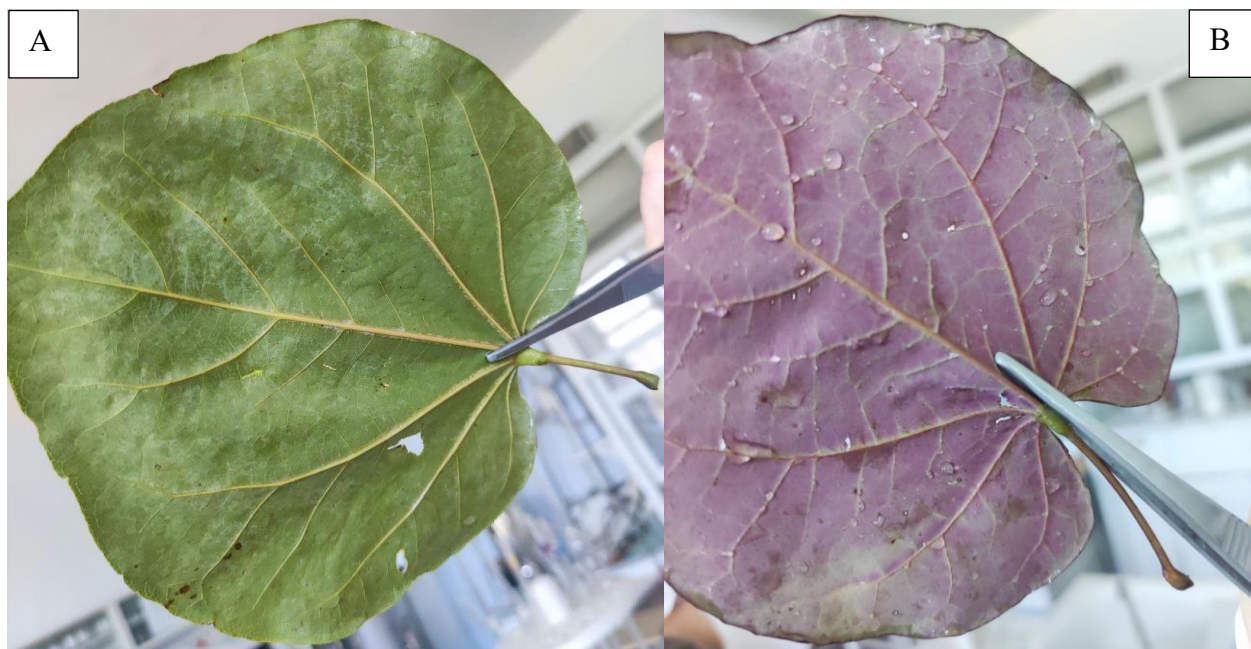


Рис. 4.14. Ступінь пошкодження листових пластинок внаслідок дії температури 50 °C: А – *C. gigantea*; В – *C. canadensis* ‘Ruby Falls’*

Примітка. *Створено автором

Такі високі результати пошкодження листової пластинки можуть свідчити про те, що навіть за нетривалої дії температур (близько +50 °C), а також в періоди тривалої відсутності ґрунтової вологи рослини можуть мати значні пошкодження в тканинах листків.

Результати вологого вмісту можуть свідчити про фактичну реакцію рослини на потребу вологи та наскільки рослина забезпечена вологою (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Оводненість листових пластинок дослідних таксонів роду *Cercis* L.*

Вид, культивар	Вага, г (сир маса)	Вага, г (суха маса)	Вологий уміст, %	Середній вологий уміст, %	Стандартне відхилення, %
<i>Cercis gigantea</i>	4,837	1,634	66,22	63,84	4,10
	3,176	1,332	58,06		
	2,981	0,977	67,23		
<i>C. siliquastrum</i> ‘Alba’	1,732	0,689	60,22	58,40	1,31
	2,109	0,902	57,23		
	1,647	0,696	57,74		
<i>C. canadensis</i> ‘Carolina sweetheart’	0,739	0,312	57,78	64,71	5,34
	0,668	0,23	65,57		
	0,558	0,163	70,79		
<i>C. canadensis</i> ‘Vanilla Twist’	1,525	0,668	56,20	55,98	0,69
	1,501	0,65	56,70		
	2,765	1,243	55,05		
<i>C. canadensis</i> ‘Ruby Falls’	2,747	1,044	61,99	60,94	0,90
	2,068	0,806	61,03		
	14,813	14,023	59,80		
<i>C. canadensis</i> L.	15,912	14,763	58,98	59,29	2,39
	17,426	16,500	56,53		
	16,856	15,655	62,36		

Примітка. *Розраховано автором

Опираючись на середнє значення вологого вмісту, найбільш вибагливими до вологи виявилися *Cercis canadensis* ‘Carolina sweetheart’ (64,71 %) та *Cercis gigantea* (63,84 %). Також вищезазначені види мають найбільше відхилення, що може свідчити про високу варіабельність вмісту вологи в листках зразків. З отриманих результатів зрозуміло, що найбільшу посухостійкість має культивар *C. canadensis* ‘Vanilla Twist’ та найменшу варіабельність умісту вологи, що може свідчити про те, що цей культивар має стабільний уміст вологи в своїх листках і відносно високу посухостійкість.

Для комплексного аналізу посухостійкості нами був проведений дослід із вологоутримуючої здатності листків (табл. 4.8), оскільки за швидкістю віддачі вологи рослинними тканинами можна проводити оцінку водних потреб рослини.

Таблиця 4.8

Водоутримувальна здатність листових пластинок дослідних рослин*

Вид, культивар	0 год.	2 год.	4 год.	6 год.	24 год.	Середня швидкість вологовіддачі, %/год (стд. відх.)
	$t^{\circ}C = 23,7$ Вологість повітря 49 %	$t^{\circ}C = 24,0$ Вологість повітря 44 %	$t^{\circ}C = 24,3$ Вологість повітря 42 %	$t^{\circ}C = 24,2$ Вологість повітря 43 %	$t^{\circ}C = 22,8$ Вологість повітря 45 %	
<i>Cercis gigantea</i>	6,041	5,218	4,690	4,256	2,369	2,62 (0,09)
	3,084	2,636	2,421	2,241	1,136	
	2,231	1,833	1,568	1,368	0,780	
<i>C. siliquastrum</i> 'Alba'	1,602	1,241	0,957	0,829	0,729	2,33 (0,19)
	2,131	1,666	1,298	1,145	1,015	
	0,761	0,057	0,465	0,410	0,296	
<i>C. canadensis</i> 'Carolina sweetheart'	0,382	0,284	0,195	0,145	0,11	2,68 (0,25)
	0,642	0,510	0,409	0,346	0,261	
	0,572	0,472	0,396	0,336	0,213	
<i>C. canadensis</i> 'Vanilla Twist'	1,506	1,194	1,001	0,887	0,724	2,12 (0,05)
	1,339	1,157	1,046	0,966	0,678	
	1,391	1,185	1,061	0,970	0,680	
<i>C. canadensis</i> 'Ruby Falls'	1,562	1,301	1,133	1,004	0,675	2,37 (0,02)
	2,304	1,869	1,563	1,351	0,979	
	1,944	1,710	1,546	1,415	0,845	
<i>C. canadensis</i> L.	1,449	1,394	1,323	1,268	0,815	2,10 (0,26)
	1,081	1,027	0,958	0,900	0,473	
	0,990	0,934	0,868	0,813	0,481	

Примітка. *Розраховано автором

У результаті проведених досліджень нами були отримані дані щодо водоутримувальної здатності листків рослин роду *Cercis* L. Як видно з даних таблиці 4.8, найменшу вологовіддачу мали листки *Cercis canadensis* 'Vanilla Twist' та *C. canadensis*, тоді як *Cercis gigantea* мав високий показник втрати вологи з низькою варіативністю по зразках, а *Cercis canadensis* 'Carolina sweetheart' втрачав вологу найшвидше. Середній показник втрати вологи мали

зразки листків *Cercis siliquastrum* 'Alba' та *Cercis canadensis* 'Ruby Falls', що може свідчити про їхню достатню посухостійкість (рис. 4.15).



Рис. 4.15. Стан дослідних зразків після 6 год експерименту: А – *C. canadensis* 'Ruby Falls'; В – *C. canadensis* L.*

Примітка. *Створено автором

Окрім цього, за результатами досліджень Nuzhyna et al. (2022), які проводили досліди з визначення оводненості та вологовіддачі листових пластинок серед інтродуцентів, до яких входив і *C. canadensis* L., цей вид має середню посухостійкість. Результати їхніх досліджень досить схожі: вологовіддача (за 1 год.) та оводненість складають відповідно до 5 % та близько 50-55 %, тоді як середній показник оводненості в наших експериментах складав для *C. canadensis* L. 59 %, а вологовіддача – 2,1 %.

4.3. Визначення морозостійкості рослин роду *Cercis* L. шляхом лабораторного проморожування

Загалом багаторічні рослини мають більшу генетичну різноманітність, ніж одно- або дворічні, така особливість дає можливість відстежувати диференціацію за морозостійкістю. Рівень морозостійкості визначається як низька температура (LT50), за якої пошкоджується 50 % пагонів або листків (Ebru Şirin et al., 2022). Найбільш шкодочинними явищами в зимовий період є вимерзання, зимове всихання, сонячні опіки тощо (Shepeliuk et al., 2021). Тому постає актуальне питання, щодо визначення морозостійкості інтродукованих родів, зокрема яким є *Cercis* L.

Для оцінки зимо- та морозостійкості деревних рослин здебільшого використовують польовий метод. Проте, зими з критичними властивостями трапляються вкрай рідко: 1 раз на 10-15 років. Тому для зручності оцінки застосовують лабораторні методи випробування рослин низькими від'ємними температурами. Такий підхід дає можливість швидше отримувати результати, а також штучно створювати необхідні критичні температури в різні періоди зими. Найпоширенішим є лабораторне проморожування зразків, що знаходяться в стані спокою в холодильниках за контрольованого зниження температури.

Після проморожування однорічних пагонів за температура $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ був проведений мікроскопний аналіз пошкодження тканин порівняно з контролем (без проморожування). У результаті досліджень за температури $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, всі дослідні зразки мали незначний бал пошкодження (Дод. В), що вказує на їхню досить високу стійкість до вищевказаної температури (рис. 4.16).



Рис. 3.16. Пошкодження тканин пагонів *C. canadensis* 'Vanilla Twist'*

Примітка. *Створено автором; зображення зверху донизу: контроль;
 $t\text{ }^{\circ}\text{C} = -20$; $t\text{ }^{\circ}\text{C} = -25$

На основі досліджень із визначення морозостійкості шляхом лабораторного проморожування зразків можна зробити висновок, що така температура ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) не є критичною для дослідних рослин, окрім *Cercis canadensis* 'Ruby Falls' та *Cercis gigantea* L., решта культиварів мали

пошкодження менше двох балів як верхівки, так і середини й зрізу через бруньку (рис. 4.17; рис. 4.18).



Рис. 4.17. Ступінь пошкодження низькими температурами тканин пагонів *C. canadensis* 'Ruby Falls'*

Примітка. *Створено автором



Рис. 4.18. Ступінь пошкодження низькими температурами тканин пагонів *Cercis gigantea**

Примітка. *Створено автором

На рисунках 4.17 та 4.18 за температури проморожування -20 °С дослідні рослини мають значне пошкодження тканин, зокрема *C. gigantea* має почорнілі тканини в зоні бруньки, що може свідчити про незворотні зміни, які призведуть

до відмирання частини або навіть всього пагона, якщо температура зовнішнього середовища буде нижча за $-20 - (-25) ^\circ\text{C}$ (рис. 4.18).

У більшості досліджуваних зразків візуального пошкодження тканин не виявлено, або пошкодження є не критичними (рис. 4.19; рис. 4.20).



Рис. 4.19. Загальний вигляд пагонів *Cercis siliquastrum* 'Alba'*

Примітка. *Створено автором

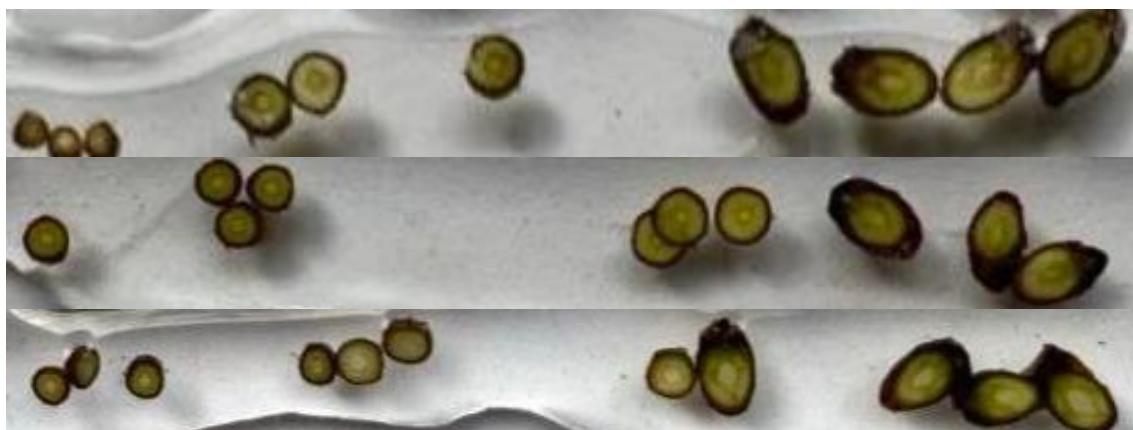


Рис. 4.20. Стан перерізів пагонів *C. canadensis* 'Carolina sweetheart'

Примітка. *Створено автором

Було виявлено, що на морозостійкість впливає також загальний зовнішній стан та освітленість місцезростання. Зокрема, *Cercis canadensis* L., який зростає на затіненій ділянці, має найнижчі показники морозостікості серед свого виду, тому маємо припущення, що на це також впливає низька концентрація

фенольного профілю (Babyn et al). Водночас сумарний бал пошкоджень дослідних зразків за температури -25 °C склав від 9,2 до 35,2 (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Пошкодження пагонів і бруньок рослин роду *Cercis* L. низькими температурами*

№, п/п	Вид	Варіант	Сумарний бал			
			Верхівка	Середина	Через бруньку	Всього
1	<i>C. canadensis</i> L.	Контр	0,0	0,5	0,5	1,5
		-20	3,3	0,5	0,5	4,3
		-25	5,2	2,0	2,0	9,2
2	<i>C. gigantea</i>	Контр	1,8	3,5	1,5	5,8
		-20	8,3	6,2	7,2	21,7
		-25	11	10	12,8	32,8
3	<i>C. canadensis</i> 'Carolina sweetheart'	Контр	6,0	6,5	6,9	19,4
		-20	7,8	7,7	8,5	23,0
		-25	13,2	9,7	10,2	33,1
4	<i>C. canadensis</i> 'Ruby Falls'	Контр	8,3	8,2	6,8	25,3
		-20	10,0	10,3	11,7	32,0
		-25	12,3	11,0	11,9	35,2
5	<i>C. canadensis</i> 'Vanilla Twist'	Контр	6,5	3,0	2,0	11,5
		-20	7,7	4,3	3,7	15,3
		-25	10,0	5,0	5,2	20,2
6	<i>C. siliquastrum</i> 'Alba'	Контр	1,5	0,4	0,4	2,3
		-20	4,7	3,9	6,3	13,9
		-25	9,7	5,9	9,3	24,9

Примітка. *Створено автором

Варто зазначити, що сумарний бал 32 і більше призводить до незворотних змін у міжклітинниках рослини.

Висновки до розділу 4:

У результаті проведених досліджень було встановлене обернене співвідношення між діаметром міжвузлів та їхньою довжиною.

Фенольні профілі дослідних рослин вказували на те, що накопичення вторинних метаболітів залежить від умов зовнішнього середовища, вологості, а також рівня сонячної інсоляції. Також дослідним шляхом було підтверджено, що

на основі варіативності фенольних профілів можна відрізнати рослини в межах роду. Зокрема, рослини, що зростали на ділянках із підвищеним терміном прямого сонячного опромінення та не мали пригнічення у розвитку, накопичували в корі однорічних пагонів речовину з $R_f \sim 0,69$ а $R_f \sim 0,77$, яка на фенольному профілі хроматографії забарвлена помаранчевим кольором, характерним забарвленням рутину.

Рослини роду *Cercis* L. цілком адаптувалися до кліматичних та міських умов зростання. Не виключено, що цьому сприяє феномен відмирання одного або декількох верхніх міжвузлів, як адаптація до можливого підмерзання кінців пагонів. На основі анатомічних і гістологічних досліджень встановлено, що в пагонах, у місцях відділення, за рахунок формування перидерми блокуються провідні пучки. Через це припиняється надходження поживних речовин в останні 2-3 міжвузля. Встановлено, що профілі фенольних сполук, які накопичуються в перидермі, прямо залежить від місця зростання та загального стану рослини, зокрема інтенсивніше накопичення фенольних сполук відбувається у рослин, які зростають на сонячних ділянках. Також наведені взаємозв'язки між ростом пагонів і накопиченням у них вторинних метаболітів, як реакцію на умовами зростання рослин.

Дослідним шляхом встановлено потенційну морозостійкість для кожного з видів дослідних рослин на основі стану їхніх тканин після дії низьких температур шляхом лабораторного проморожування пагонів. Зокрема встановлено, що найкращий стан тканин мав вид *Cercis canadensis* L. та деякі його культивари, а, отже, можна припустити, що стійкість до дії низьких температур у природніх умовах у цих таксонів буде також високою. Відмічено, що на морозостійкість впливає як місцезростання рослини, так і її відношення до вологи. Зокрема, встановлено закономірність, що більш вологолюбні рослини, такі як *Cercis gigantea* та *Cercis canadensis* 'Ruby Falls' та *Cercis canadensis* 'Carolina sweetheart', мають значно нижчі показники морозостійкості. А зниження температури повітря нижче -25°C може призвести до незворотних змін у міжклітинниках цих видів рослин.

У результаті проведеного комплексу лабораторних досліджень із визначення відносної посухостійкості рослин роду *Cercis* L. встановлено, що найкращу посухостійкість має вид *Cercis canadensis* L. та його культивар *C. canadensis* 'Vanilla Twist'. Дещо гірші показники посухостійкості мав *Cercis siliquastrum* 'Alba', проте різниця була не критичною.

Серед дослідних рослин було встановлено, що найгірші показники морозостійкості та посухостійкості мали *Cercis gigantea* та *Cercis canadensis* 'Ruby Falls'. Опираючись на результати дослідження, можна висунути припущення, що недостатня кількість вологи в посушливий період буде негативно позначатись на їхньому стані та розвитку, а також впливатиме на загальний декоративний вигляд загалом. Також ці таксономічні одиниці підпадають у зону ризику в зимовий період, адже мають високий бал мікроскопного аналізу морозного пошкодження тканин.

РОЗДІЛ 5

ОСОБЛИВОСТІ РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН РОДУ *CERCIS* L.

5.1. Визначення лабораторної схожості насіння рослин роду *Cercis* L.

Визначення лабораторної схожості проводили згідно з методикою ISTA. Для проведення дослідів було використане насіння різних років урожаю (2021 і 2023 років), а також із різним способом передпосівної підготовки: із використанням холодної стратифікації та без неї. Дослідження проводили для порівняння впливу холодної стратифікації на схожість насіння видів роду *Cercis* L. Насіння 2021 року витримувалося в контрольованих холодних умовах, а насіння 2023 року врожаю було зібране з дерев безпосередньо перед висівом, в березні 2024 року у такий спосіб проходячи період стратифікації природнім шляхом. Закладання насіння на визначення показника лабораторної схожості проводили 14.03.2024 р.

Під час проведення дослідів було прийняте рішення щодо збільшення терміну обліку насіння з 14 до 30 діб. Це зумовлено насамперед тим, що показник схожості насіння на 14 день мав високу варіативність: від 4 % для *Cercis siliquastrum* 'Alba' (урожай 2023 року) до 94 % для *Cercis canadensis* L. (урожай 2021 року). Окрім цього, під час пророщування насіння спостерігалось виділення вторинних метаболітів на фільтрувальному папері (рис. 5.1).

Як зазначають Е. Рірініс *et al* (2011) в своїй праці, схожість насіння збільшується до 95-97 % за умови холодної стратифікації. Згідно з результатами їхніх експериментів, схожість насіння збільшується з 31 % (термін стратифікації складав 1 місяць) до 94 % (стратифікація упродовж 3 місяців), проте зі збільшенням терміну стратифікації понад 3 місяці схожість насіння зменшувалася до 81 % (стратифікація упродовж 4 місяців) (табл. 5.1). Учені рекомендують проводити передпосівну підготовку насіння в умовах холодної стратифікації за температури 2-4 °C упродовж 3 місяців, на додачу до цього

насіння дослідних видів вони скарифікували безпосередньо перед висівом у концентрованій H_2SO_4 .

Таблиця 5.1.

**Результати схожості насіння після передпосівної обробки
(Pipinis et al., 2011)***

Скарифікація H_2SO_4 , хв	Стратифікація (2-4°C), міс	Схожість, %
20	2	$31,0 \pm 5,03$
	3	$94,0 \pm 5,16$
	4	$81,0 \pm 6,0$
40	2	$38,0 \pm 4,0$
	3	$88,0 \pm 5,66$
	4	$68,0 \pm 5,66$
60	2	$65,0 \pm 6,0$
	3	$98,0 \pm 2,31$
	4	$59,0 \pm 5,03$

Примітка. *Створено автором на основі даних Pipinis et al. (2011)



Рис. 5.1. Виділення вторинних метаболітів насінням *C. canadensis* L.*

Примітка. *Створено автором; 2023 рік врожаю

У результаті проведеного дослідження встановлено, що на ефективність проростання насіння значно впливає процес передпосівної підготовки, а саме

стратифікація низькими температурами. На схожість насіння також впливав спосіб пророщування, адже насіння, яке пророщувалось згідно з методикою на фільтрувальному папері (нФ), мало вищі показники схожості, ніж аналогічне, яке пророщували між фільтрувальним папером (мФ). Показники схожості насіння варіювались від 68 % (мФ) до 94 % (нФ) для *Cercis canadensis* L. та від 26 % (мФ) до 76 % (нФ) для *Cercis siliquastrum* 'Alba'. Результати лабораторної схожості занесені до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Вплив передпосівної обробки та способів пророщування на схожість насіння рослин роду *Cercis* L.

Рік урожаю(спосіб пророщування)	Вид, культивар	Енергія проростання, за 7 днів, %	Схожість за 14 днів, %	Схожість за 30 днів, %
2021 (на папері)	<i>C. canadensis</i> L. "Ф"	66±6,2	94±3,1	94±3,1
	<i>C. canadensis</i> L. "К"	42±5,5	68±4,2	74±4,5
	<i>C. siliquastrum</i> 'Alba'	0	12±2,5	76±3,6
2023 (на папері)	<i>C. canadensis</i> L. "К"	0	8±2,9	20±3,4
	<i>C. siliquastrum</i> 'Alba'	0	4±1,8	24±4,1
2021 (між папером)	<i>C. canadensis</i> L. "Ф"	20±2,4	58±3,8	72±3,3
	<i>C. canadensis</i> L. "К"	8±2,1	42±3,3	68±3,8
	<i>C. siliquastrum</i> 'Alba'	0	6±2,2	26±2,5

Примітка. *Створено автором

Така різниця, на нашу думку, зумовлена тим, що між папером у насінин відбуваються гірше процеси дихання та повітрообмін, ніж у аналогічних насінин, що пророщували на папері.

5.2. Визначення ґрунтової схожості насіння видів роду *Cercis* L.

Генеративне розмноження відбувалося в тепличних умовах із закритою кореневою системою – мультипланти. Було апробовано 4 препарати в трьох концентраціях. Облік схожості насіння проводили на 30 добу, а виміри морфометричних показників – на 40 добу після висіву. Зведені дані щодо схожості занесені до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Ефективність впливу концентрації апробованих препаратів на схожість насіння дослідних видів*

Препарат	Концентрація, мл/л	Схожість, %		
		<i>C. canadensis</i> L. (Ботанічний сад ім. О. О. Фоміна)	<i>C. canadensis</i> L. (вул. В. Петріва)	<i>C. siliquastrum</i> 'Alba'
Radifarm	2,5	60,0±3,4	66,7±2,8	80,0±4,7
	5,0	56,7±2,8	46,7±3,6	66,7±2,9
	10,0	36,7±5,1	50±4,3	63,3±3,2
Megafol	2,5	63,3±3,2	60±3,7	56,7±4,1
	5,0	70±4,1	76,7±4,6	70,0±5,3
	10,0	56,7±5,3	50±5,2	56,7±5,1
Альга 600 (г/л)	1,25	70±3,6	50,0±4,2	60,0±2,9
	2,5	56,7±3,1	56,7 ±3,5	56,7±3,8
	5,0	36,7±3,8	46,7±2,9	46,7±3,4
Бурштинова кислота	0,5	66,7±3,2	73,3±3,6	80,0±4,0
	1	73,3±3,3	73,3±4,3	83,3±3,3
	2	66,7±3,1	63,3±3,6	63,3±4,1
Контроль		70,0±7,6	80,0±6,8	93,3±2,3

Примітка. *Розроблено автором

З даних таблиці 5.3 можна зробити висновок, що схожість насіння дослідних рослин варіюється залежно як від концентрацій апробованих речовин, так і між видами. Отже, насіння *Cercis siliquastrum* 'Alba' мало кращу схожість, ніж насіння *Cercis canadensis* L., яке було зібране в двох різних локалітетах м. Києва. Припускаємо, що така різниця в схожості насіння може бути видовою особливістю *C. siliquastrum* 'Alba'. За допомогою статистичної обробки даних

встановлено, що концентрації препаратів мали статистично значущий вплив на схожість насіння дослідних видів. Обробка даних проводилася в програмі MS «Excel» за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA. Результат обробки даних наведений у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA*

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	4400,824	12	366,7353	6,16992	0,0000534	2,147926

Примітка. Створено автором; *df* – number of degrees of freedom; *MS* – variances; *F* – calculated value of the Fischer criterion; *P-value* – calculated value of the minimum substantiality; *Fcrit* – critical value of the Fischer criterion

На схожість насіння *Cercis canadensis* L. “Ф” «Radifarm» мав найкращий вплив у концентрації 2,5 мл/л, «Megafol» у концентрації 5,0 мл/л, а бурштинова кислота найкращий вплив мала в концентрації, рекомендованій виробником, а саме 1 г/л (рис. 5.2-5.4).

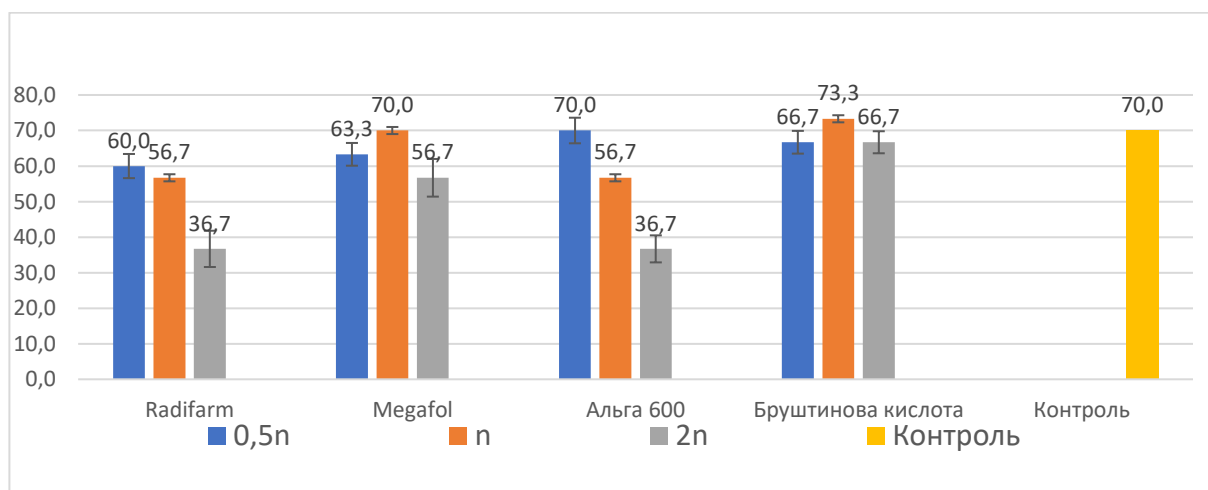


Рис. 5.2. Ефективність впливу концентрацій препаратів на генеративне розмноження *C. canadensis* L. “Ф”*

Примітка. *Створено автором; “Ф” – насіння збиралося з дерева, що зростає на території ботанічного саду ім. О. О. Фоміна,

З досліджень зрозуміло, що схожість насіння *C. canadensis* L. варіюється в межах від 36,7 % (оброблене препаратами «Radifarm» та «Альга 600» у

концентрації 5 г/л) до 73,3 % (Бурштинова кислота 1 г/л). Найменшу варіативність результатів схожості (66,7-73,3 %) мав препарат «Бурштинова кислота» (рис. 5.2).

Варіативність показників схожості насіння *Cercis canadensis* L., заготовленого з рослини, що зростала на вул. В. Петріва, складала в межах від 46,7 % («Radifarm» та «Альга 600» у концентраціях відповідно 5,0 мл/л та 10,0 мл/л) до 80 % (Контроль). Найменше коливання схожості насіння між концентраціями препаратів відмічене в «Бурштиновій кислоті» (63,3 – 73,3 %) та «Альга 600» (46,7 – 56,7 %) (рис. 5.3).

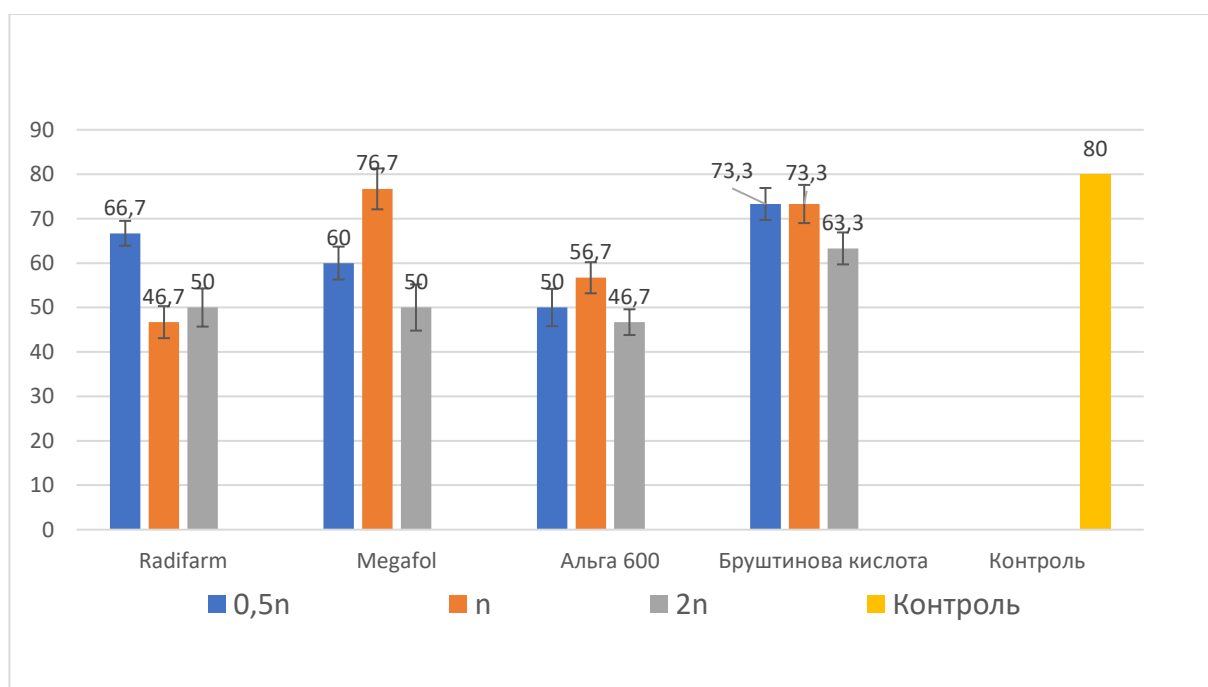


Рис. 5.3. Ефективність впливу концентрацій апробованих препаратів на схожість насіння *C. canadensis* L. “К” *

Примітка. *Створено автором; “К” – насіння збиралося з дерева, що зростає в м. Києві, вул. В. Петріва, n – концентрація, рекомендована виробником

Установлено, що для підвищення схожості насіння рослин роду *Cercis* L. доцільно використовувати бурштинову кислоту в концентрації 1 г/л. Проте слід зазначити, що високий результат схожості (80 %) мало насіння *C. siliquastrum* ‘Alba’, оброблене препаратом «Radifarm» у концентрації 2,5 мл/л (рис. 4.5).

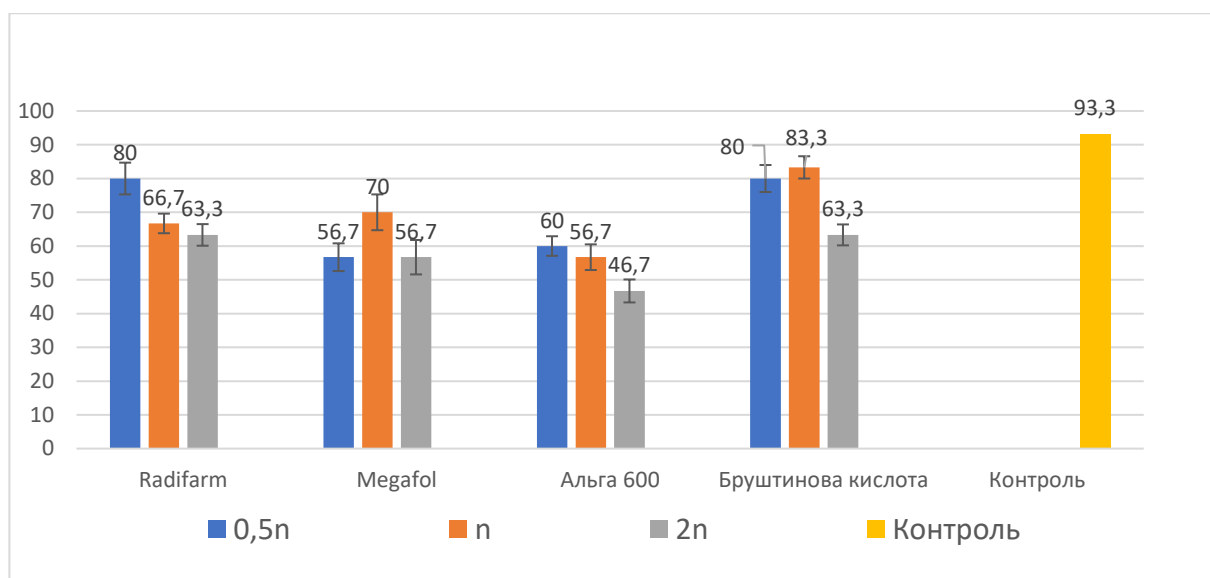


Рис. 5.4. Вплив концентрацій апробованих препаратів на ґрунтову схожість *C. siliquastrum* 'Alba'*

Примітка. *Створено автором; n – концентрація, рекомендована виробником

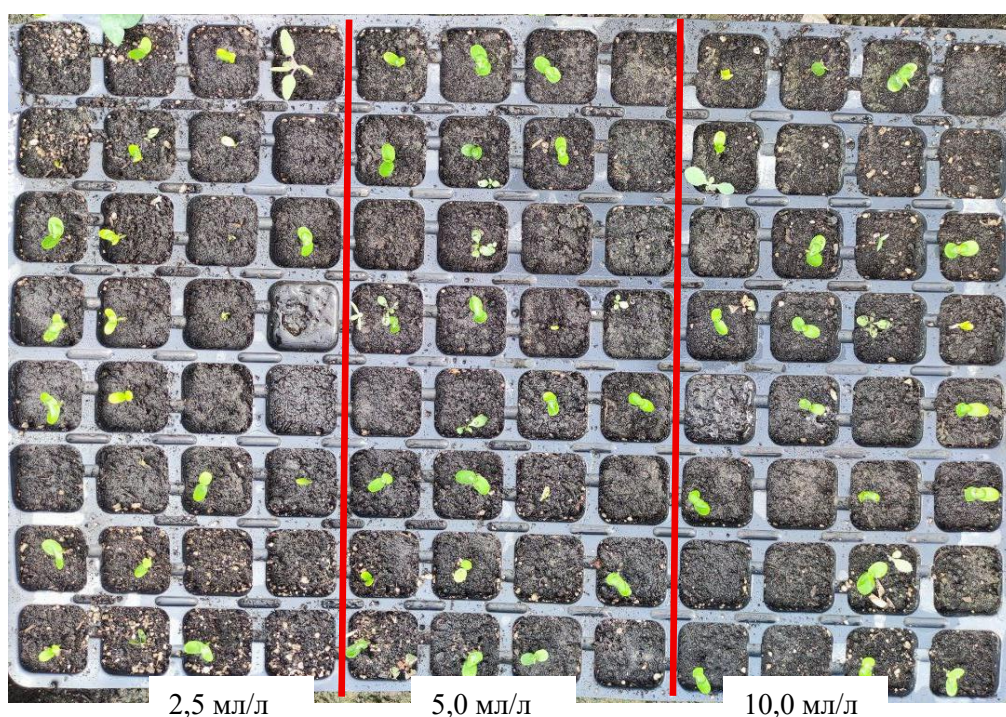
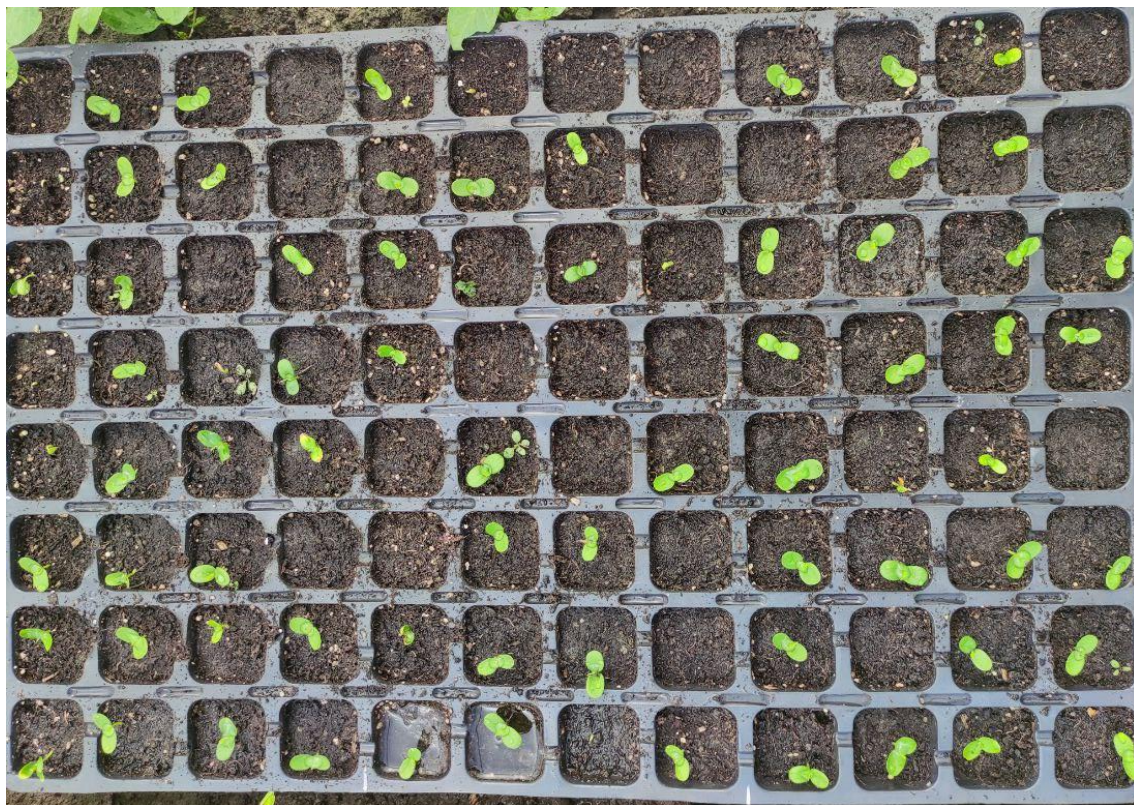


Рис. 5.5. Проросле насіння *C. siliquastrum* 'Alba' на 25 добу після висіву*

Примітка. *Створено автором; концентрація збільшується зліва направо

Водночас високі показники схожості *C. canadensis* L. мало те насіння, яке було оброблене препаратом «Megafol» у концентрації 5,0 мл/л та «Альга 600» у концентрації 1,25 г/л (табл. 5.3).

Схожість насіння контрольного зразка *Cercis siliquastrum* ‘Alba’ склала 93,3 %, що є найвищим показником (рис. 5.6).



C. canadensis L. “К” || *C. canadensis* L. “Ф” || *C. siliquastrum* ‘Alba’

Рис. 5.6. Контрольний зразок сходів дослідних видів*

Примітка. *створено автором; зліва направо: *C. canadensis* L. “К”; *C. canadensis* L. “Ф”; *C. siliquastrum* ‘Alba’

Найпоширенішою практикою є використання регуляторів росту під час вегетативного розмноження відділеними від рослини частинами. Проте, як стверджують Bewley & Black (1985), ці речовини можна використовувати для порушення стану спокою в насіння. Учені наводять перелік речовин, які здатні усувати або зменшувати ці проблеми. До таких речовин учені відносять інгібітори дихання, окислювачі, нітрати, нітрити та фітогормони. Гібереліни сприяють індукції гідролази клітинної стінки, чим провокують ослаблення ендосперму і його пошкодження. Абсцизова кислота (АБК), виступає у ролі антагоніста гіберелінової кислоти, інгібує індукцію гідролази клітинної стінки, що призводить до зменшення ослаблення ендосперму і його пошкодження. Як стверджує Muller *et al* (2006), гіберелінова кислота сприяє, а абсцизова –

пригнічує потенціал росту ембріона. Робота Fernandez *et al* (1997) демонструє сильні варіації гіберелінів під час виходу зі стану спокою у насінні бука (*Fagus sylvatica* L.) і здатність несплячого насіння здійснювати метаболічні перетворення.

Хоч відсоток схожості контрольних зразків був однаковий або дещо вищий, ніж у насіння, що піддавалося передпосівній обробці, якісні показники, такі як висота сіянців, були значно гіршими саме в контрольній групі (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Морфометричні показники сіянців роду *Cercis* L. ($\bar{x} \pm SDev$, $n = 30$)*

Препарат	Концентрація, мл/л (г/л*)	Висота сіянців, см					
		16.05.2022			16.10.2022		
		<i>C. canadensis</i> L. «Ф»	<i>C. canadensis</i> L. «К»	<i>C. siliquastrum</i> ‘Alba’	<i>C. canadensis</i> L. «Ф»	<i>C. canadensis</i> L. «К»	<i>C. siliquastrum</i> ‘Alba’
Radifarm	2,5	4,6±1,8	6,2±1,2	2,6±0,3	11,5±3,9	9,2±3,5	7,5±2,9
	5,0	4,7±1,8	5,9±1,0	2,5±0,5	12,5±4,3	10,0±3,2	5,9±2,7
	10,0	5,8±1,4	5,7±1,5	2,3±0,3	10,8±4,7	9,6±3,7	4,8±1,2
Megafol	2,5	4,6±1,9	6,2±1,2	2,3±0,3	8,1±1,5	13,6±3,1	8,0±1,6
	5,0	4,7±1,8	5,9±1,0	2,5±0,5	7,8±2,3	9,5±2,9	7,3±1,7
	10,0	5,8±1,4	5,7±1,5	2,3±0,3	8,3±1,7	10,2±3,4	6,0±1,9
Альга 600	2,5	4,3±1,4	4,8±1,7	2,8±0,6	9,9±3,2	11,4±2,2	9,3±3,3
	5,0	4,3±1,4	5,7±1,4	2,6±0,6	10,0±2,6	12,5±3,1	8,1±2,7
	10,0	4,6±1,7	5,8±1,1	3,0±0,7	10,6±2,9	11,1±3,9	8,8±2,5
Бурштинова кислота	0,5	4,1±1,8	5,1±1,7	2,5±0,4	12,6±3,7	12,0±3,3	9,8±2,9
	1,0	4,2±1,8	5,0±1,8	2,5±0,4	12,5±4,0	10,8±3,1	9,4±2,7
	2,0	4,1±1,5	5,6±2,3	2,7±0,5	10,5±3,8	13,4±2,8	9,3±3,3
Контроль		4,2±1,3	4,9±1,4	2,1±0,5	8,1±2,4	8,3±1,7	4,5±2,0

Примітка. *Розраховано автором

Висота сіянців дослідних видів на 40 добу після висіву варіювалася в межах від 2,1 см (контрольний зразок *Cercis siliquastrum* ‘Alba’) до 6,2 см («Radifarm» 2,5 мл/л *Cercis canadensis* L. “К”). Обліки висоти сіянців проводили після завершення росту сіянців через 5 місяців після першого виміру. Висота

сіянців, які завершили свій ріст, коливалась від 4,5 см (контроль *Cercis siliquastrum* ‘Alba’) до 13,4 см (Бурштинова кислота 2 г/л, *Cercis canadensis* L. “К”). Дані щодо приростів сіянців занесені до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6

**Динаміка зміни середнього значення приростів надземної частини
сіянців роду *Cercis* L.***

Препарат	Концентрація, мл/ л (г/л*)	Прирости сіянців					
		Абсолютні (Δh), см			Відносні, %		
		<i>C. canadensis</i> L. «Ф»	<i>C. canadensis</i> L. «К»	<i>C. siliquastrum</i> ‘Alba’	<i>C. canadensis</i> L. «Ф»	<i>C. canadensis</i> L. «К»	<i>C. siliquastrum</i> ‘Alba’
Radifarm	2,5	6,9	3	4,9	150	48	188
	5,0	7,8	4,1	3,4	166	69	136
	10,0	5,0	3,9	2,5	86	68	109
Megafol	2,5	3,5	7,4	5,7	76	119	248
	5,0	3,1	3,6	4,8	66	61	192
	10,0	2,5	4,5	3,7	43	79	161
Альга 600	2,5	5,6	6,6	6,5	130	138	232
	5,0	5,7	6,8	5,5	133	119	212
	10,0	6,0	5,3	5,8	130	91	193
Бурштинова кислота	0,5	8,5	6,2	7,3	207	122	292
	1,0	8,3	5,8	6,9	198	116	276
	2,0	6,4	7,8	6,6	156	139	244
Контроль		3,9	3,4	2,4	93	69	114

Примітка. *Розраховано автором

Дані з таблиці 5.6 дають змогу порівняти, як змінилася висота сіянців між першим виміром та на момент завершення росту. Прирости сіянців за 5 місяців знаходяться в межах від 2,4 см (контрольний зразок *Cercis siliquastrum* ‘Alba’) до 8,5 см (бурштинова кислота, 0,5 г/л; *Cercis canadensis* L. “Ф”). З огляду на те, що під час першого вимірювання сіянці мали різну висоту, ті з них, які демонструють однакові абсолютні прирости, матимуть різні відносні показники.

Визначення відносної величини приростів надає нам змогу оцінити як змінилася висота сіянців відносно їхнього початкового значення. На рисунку 5.7 зображено динаміку висоти сіянців. Найкращі показники мають сіянці *Cercis siliquastrum* ‘Alba’, їхня мінімальна зміна висоти спостерігалася для зразка, обробленого препаратом «Radifarm» із концентрацією 10 мл/л (на 109 %), а максимальна – у зразка, насіння якого було оброблено бурштиновою кислотою у концентрації 0,5 г/л (на 292 %). Відносна зміна висоти для контрольного зразка складала 114 %, що є другим найнижчим показником приростів для цього культивару.

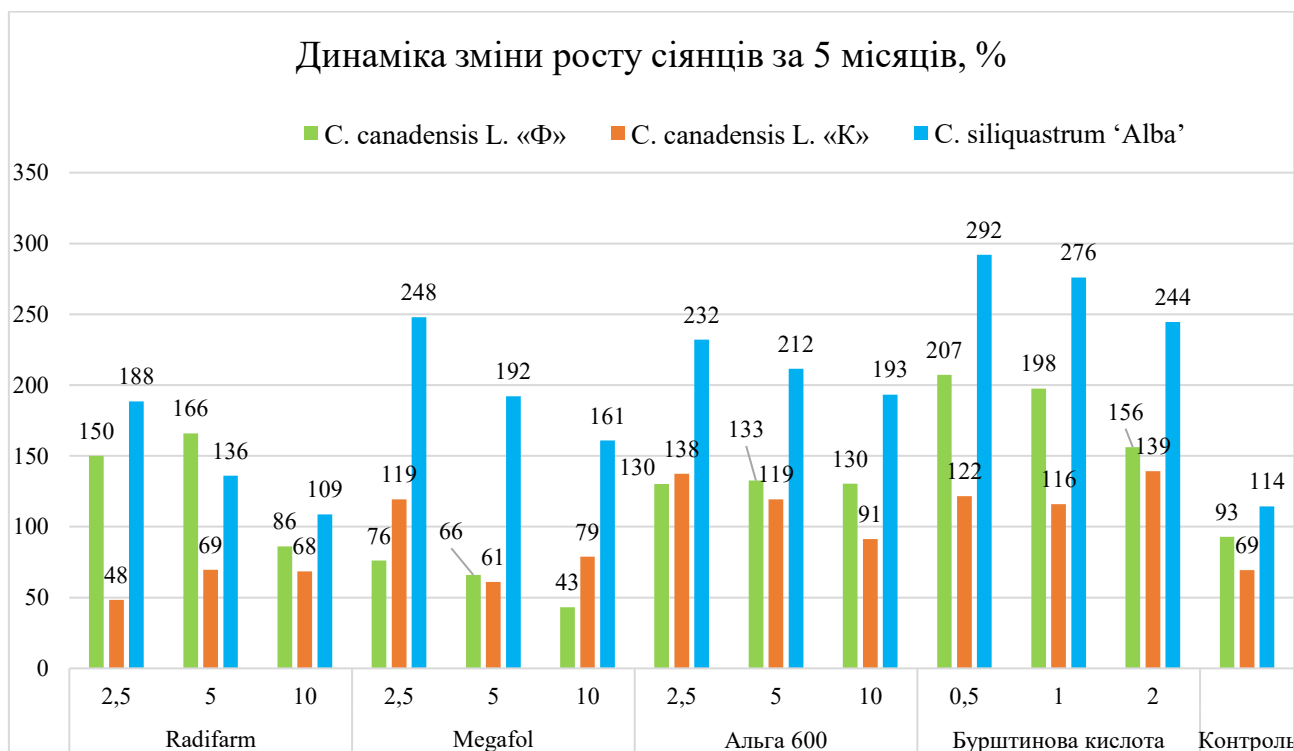


Рис. 5.7. Вплив концентрацій апробованих препаратів на динаміку зміни висоти сіянців дослідних таксонів рослин*

Примітка. *Створено автором

Серед сіянців *Cercis canadensis* L. “Ф” варіативність зміни висоти складала від 43 % (препарат «Megafol», 10 мл/л) до 207 % (для бурштинової кислоти в концентрації 0,5 г/л); динаміка зміни приростів сіянців *Cercis canadensis* L. “К” варіювалась від 48 % (препарат «Radifarm», 2,5 мл/л) до 139 % (бурштинова кислота, 2 г/л). Отриманий садивний матеріал наведено у додатку Г.

Підсумовуючи, можна зробити висновки, що на ріст і розвиток сіянців мають значний вплив як препарати, так і їхні концентрації.

Під час проведення експериментів було встановлено, що надмірний регулярний полив згубно впливає на ріст і розвиток сіянців дослідного роду (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Процес вимокання кореневої системи та загибелі сіянців*

Примітка. *Створено автором

Зокрема триразовий полив дрібнодисперсними форсунками (водовилив 2 л/год) із тривалістю кожного поливу 5 хв. призводить до вимокання кореневої системи та пригнічення розвитку сіянців, а далі й до повної їхньої загибелі.

5.3. Особливості мікроклонального розмноження рослин *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* ‘Alba’

Окрім мікроклонального розмноження, у культурі *in vitro* нами був закладений дослід із вегетативного розмноження напівздерев’янілими (у літній період) та здерев’янілими живцями, проте позитивного результату щодо

вкорінення нами не було виявлено (дод. Д), що загалом підтверджує інформацію з літературних джерел, що цей рід належить до важковкорінююваних. Саме тому актуальним є питання розробки нових та удосконалення існуючих технологій вегетативного розмноження, зокрема застосування біотехнологічних методів. Одним із важливих етапів під час мікроклонального розмноження в культурі *in vitro* є отримання асептичного рослинного матеріалу завдяки розробці протоколу стерилізації вихідного матеріалу. Нами були апробовані два режими стерилізації та їхній вплив на життєздатність уведених експлантів.

Під час обліку експлантів, що вводились за першого режиму стерилізації в культуру *in vitro* отримані: нежиттєздатні та нестерильні експланти, нестерильні життєздатні та стерильні життєздатні експланти. Ефективність першого режиму стерилізації складала $20 \pm 1,8$ % для *C. siliquastrum* 'Alba' та $31,3 \pm 3,2$ % для *C. canadensis*. Установлено, що серед усіх експлантів *Cercis siliquastrum* 'Alba' 24 % заражені біотою і були не життєздатними (рис. 5.9).

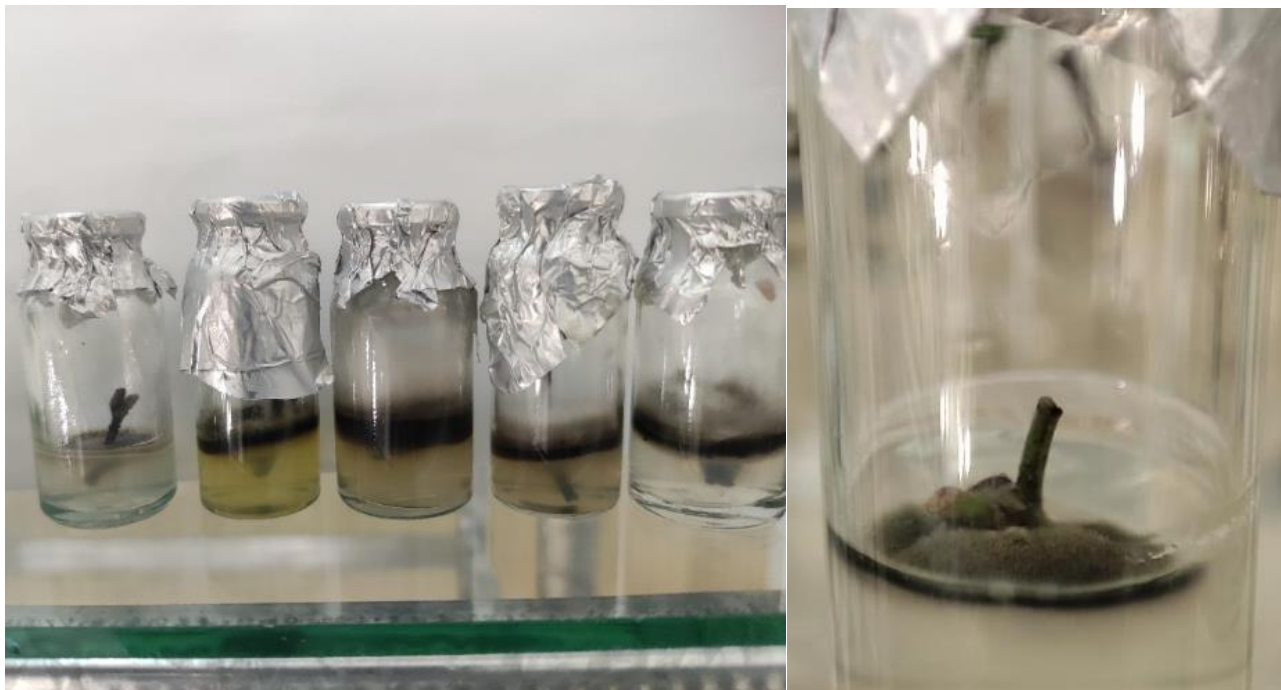


Рис. 5.9. Нестерильні та нежиттєздатні експланти *Cercis siliquastrum* 'Alba' *in vitro*

Примітка. *Створено автором

Серед усіх експлантів 56 % інфікованих, із яких 36 % не мали ознак пригнічення в рості (рис. 4.10, рис. 4.11).



Рис. 5.10. Нежиттєздатні експланти, заражені біотою

Примітка. *Створено автором



Рис. 5.11. Життєздатні інфіковані експланти

Примітка. *Створено автором

Також слід зазначити, що в 4 % експлантів утворився корінь довжиною 1,5–2,0 см на 28 добу культивування на безгормональному WPM (рис. 5.12).

Для *C. canadensis* під час обліку виявлено, що 9,3 % експлантів були нежиттєздатними та нестерильними; 59,4 % – життєздатними нестерильними. Узагальнені результати досліджень відображені в таблиці 5.7.

Відмічено, що життєздатні експланти виділяли вторинні метаболіти (рис. 5.13).



Рис. 5.12. Асептичний експлант *Cercis siliquastrum* 'Alba' з коренем
Примітка. *Створено автором

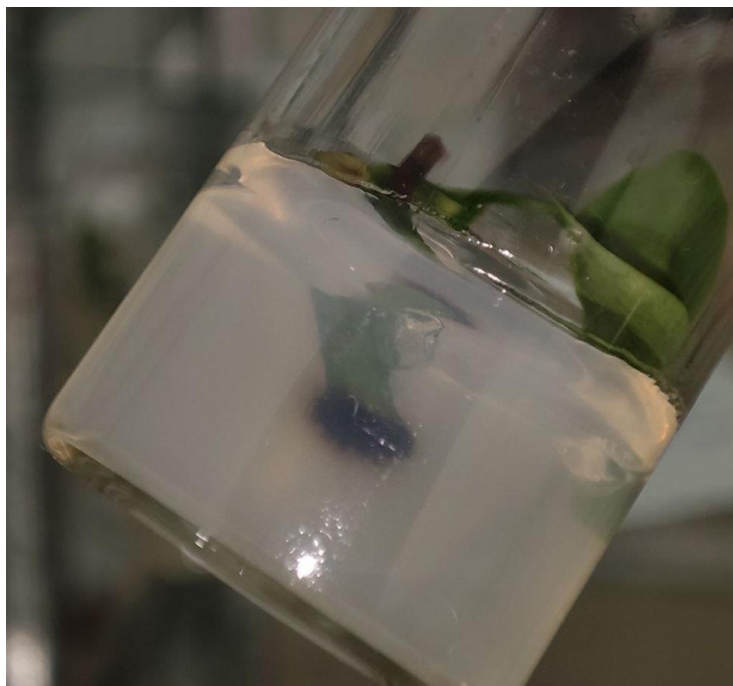


Рис. 5.13. Виділення вторинних метаболітів стерильним експлантом
Примітка. *Створено автором

Ефективність стерилізації експлантів рослин *Cercis* L.

Вид, культивар	Дата введення	Дата обліку	Режим стерилізації експлантів	Живильне середовище	Ефективність стерилізації (середнє±стандартне відхилення), %
<i>Cercis siliquastrum</i> 'Alba'	21.05.24	21.06.24	мильний розчин, TWIN-80 (20 хв), проточна вода (10 хв), 70 % C ₂ H ₅ OH (30-60 с), 1 % AgNO ₃ (7-8 хв), відмивання дистильованою водою 10 хв (тричі)	безгормональне WPM	20,0±1,8
	28.06.24	02.10.24	мильний розчин, TWIN-80 (20 хв), проточна вода (10 хв), 70 % C ₂ H ₅ OH (1-2 хв), 1 % AgNO ₃ (10 хв), H ₂ O (1 хв), 35 % H ₂ O ₂ (3-4 хв), H ₂ O 10 хв (тричі)	WPM з 1.0 мг/л GA, 0.1 мг/л TDZ	15,8±1,4
<i>Cercis canadensis</i> L.	21.05.24	21.06.24	мильний розчин, TWIN-80 (20 хв), проточна вода (10 хв), 70 % C ₂ H ₅ OH (30-60 с), 1 % AgNO ₃ (7-8 хв), промивання дистильованою водою 10 хв (тричі)	безгормональне WPM	31,3±3,2
	21.06.24	02.10.24	мильний розчин, TWIN-80 (20 хв), проточна вода (10 хв), 70 % C ₂ H ₅ OH (1-2 хв), 1 % AgNO ₃ (10 хв), промивання дистильованою водою 1 хв, 35% H ₂ O ₂ (3-4 хв), H ₂ O 10 хв (тричі)	WPM, 1.0 мг/л GA, 0.1 мг/л TDZ	20,0±3,8

Примітка. *Розроблено автором

Ефективність такого режиму стерилізації для *C. siliquastrum* 'Alba' складала $15,8 \pm 1,4$ % (з них 8,8 % утворили пагони, у 7,0 % спостерігалось утворення калюсної тканини на зрізах). Слід відзначити, що 28,1 % експлантів були стерильними, проте нежиттєздатними. Для *C. canadensis* ефективність стерилізації складала $20 \pm 3,8$ % (були наявні експланти, що утворювали калюсну тканину) (рис. 5.14).



Рис. 5.14. Калюсна тканина на експлантах *Cercis canadensis* L.

Примітка. *Створено автором

Серед усіх експлантів 25 % були нестерильні (20 % з яких життєздатні), а також 5 % стерильних нежиттєздатних, а решта були нестерильні та нежиттєздатні.

За результатами однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA), вплив режиму стерилізації експлантів на ефективність є статистично достовірним на рівні 5 % ($F > F_{\text{крит.}}$, $P < 0,05$) (табл. 5.8).

**Результати однофакторного дисперсійного аналізу для дослідних
рослин***

<i>Cercis siliquastrum</i> ‘Alba’						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	22,78125	1	22,78125	7,326142	0,035261	5,987378
<i>Cercis canadensis</i> L.						
Between Groups	228,98	1	228,98	7,169815	0,036651	5,987378

Примітка. *Розраховано автором; df – number of degrees of freedom; MS – variances; F – calculated value of the Fischer criterion; P-value – calculated value of the minimum substantiality; Fcrit. – critical value of the Fischer criterion, P-value(0,05)

Серед учених, які займалися введенням у культуру *in vitro* рослини роду *Cercis* була Колдар Л. А. Так, під час введення в культуру *in vitro* ними було використано ступінчасту стерилізацію, в якості стерилізуючих речовин використаний натрій гіпохлорид (2,5 % NaClO), дихлорид ртуті (0,1 % HgCl₂) та нітрат срібла (1% AgNO₃) (Колдар, 2013). За їхніми результатами високу ефективність стерилізації показав дихлорид ртуті 74-90 % стерильних експлантів, з яких 53-78 % були життєздатними. Цей показник значно зменшився після дії нітрату срібла і становив близько 20-30 % життєздатних експлантів, що досить схоже на результати, отримані в нашому дослідженні. На відміну від Колдар та ін., нами приділялась більша увага саме стерильним життєздатним експлантам і на основі цього робили висновки щодо ефективності стерилізації. Адже стерильні нежиттєздатні експланти не мають ніякої цінності в подальшому розмноженні.

Для прикладу дослідники використовували ступінчасту стерилізацію із двох основних стерилізуючих речовин: етиловий спирт 70 % та 0,6 % гіпохлорит натрію (Dai et al, 2005).

Дія компонентів живильного середовища на регенераційну здатність наведена в таблиці 5.9.

Життєздатні асептичні експланти з безгормонального WPM були субкультивовані на WPM із додаванням 0,3 мг/л 2iP та 0,25 мг/л NAA. Утворився калюс із частини листової пластинки, яка доторкалася поверхні живильного середовища, що може свідчити про те, що цей вид здатен розмножуватися за використання листових пластинок. Також утворений калюс і на базальному зрізі мікропагона. В обох випадках калюс буро-коричневого кольору. Із бруньки утворено два пагони 3 і 4 см довжиною. Листкові пластинки блідо-жовтого кольору, з коричневими ділянками від краю (рис. 5.15).



Рис. 5.15. Асептичний мікропагін *Cercis canadensis* L. на 90 добу культивування (А) та калюсна тканина, що утворилася з листової пластинки (В)

Примітка. *Створено автором

Субкультивування відбувалося з безгормонального WPM на WPM із додаванням 0,4 мг/л ВА. Цей експлант регенерував калюс зі значною інтенсивністю на зрізі мікропагона та в пазухах бруньок коричневого та світло-коричневого кольору.

Регенераційна здатність мікропагонів рослин роду *Cercis* L. у культурі *in vitro**

№ п/п	Вид, культивар	Склад живильного середовища	Кількість пагонів на 1 експланті, шт	Довжина мікропагонів, см	Коефіцієнт розмноження	Характеристика стану мікропагонів на 90 добу культивування
1	<i>Cercis canadensis</i> L.	WPM, 0,3 мг/л 2iP, 0,25 мг/л NAA	2,0±1,1	2,5±0,9	5,0±1,5	Утворений калюс зернистої структури, від світло-коричневого до буро-коричневого кольору, забарвлення листкових пластинок варіювався від блідо-жовтого до жовто-зеленого забарвлення, наявні коричневі ділянки на краях листкових пластинок.
2		WPM, 0,4 мг/л BA	3,1±2,1	3,0±1,7	9,4±3,5	Калюсна тканина біло-кремового забарвлення до світло-коричневого кольору. Експланти утворювали калюсну тканину діаметром від 0,5 до 2 см. Локалізація калюсу була як на поверхні живильного середовища, так і в зоні вузла експланту. Відмічене виділення вторинних метаболітів та відмирання верхівки деяких мікропагонів. Колір листкових пластинок варіювався від блідо-жовтого забарвлення із зеленими жилками до зелено-жовтого кольору.
3	<i>Cercis siliquastrum</i> 'Alba'	WPM, 0,4 мг/л BA	1,3±0,5	5,3±1,2	9,7±2,9	Утворена калюсна тканина зернистої структури від світло-коричневого до коричневого з вкрапленнями білого кольору. Калюс утворений у невеликій кількості. Листкові пластинки мали зелене або світло-зелене забарвлення, по краях деяких листків наявні плями світло-коричневого кольору
4		WPM, 0,3 мг/л 2iP, 0,25 мг/л NAA	1,5±0,5	5,8±1,4	6,5±1,5	Калюсна тканина не утворена або утворена в досить малих кількостях, коричневого забарвлення. Листкові пластинки світло-зеленого кольору. Вторинні метаболіти виділялися в незначних кількостях.

Примітка. *Розроблено автором

Також було відмічене формування калюсної тканини білого кольору в зоні вузла, що видно на зображеннях (рис. 5.16). Як зазначають Xinran Yu et al. (2025) в своїй праці, розмножуючи *Quercus suber* L., найкращою речовиною для зменшення побуріння експлантів був polyvinylpyrrolidone (PVP). Найкращим середовищем для мікроклонального розмноження було WPM доповнене мікроелементами та вітамінами за MS

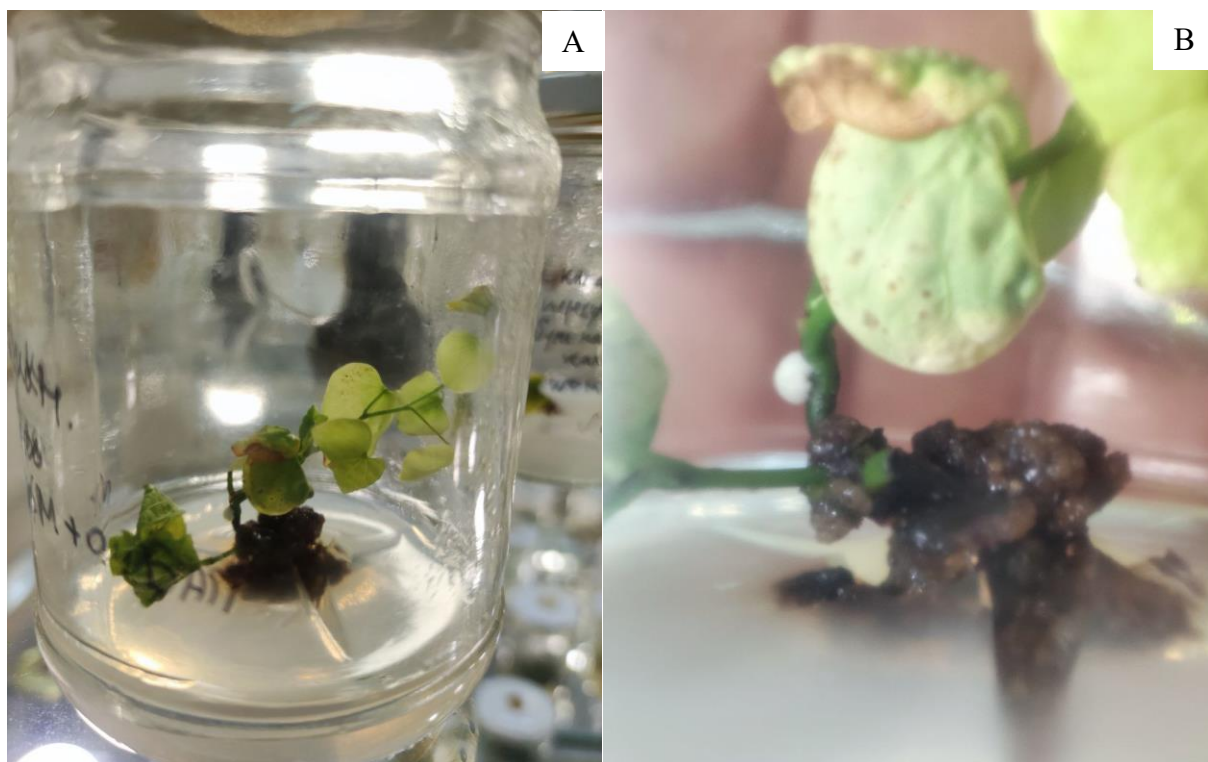


Рис. 5.16. Асептична культура *Cercis canadensis* L. (А) та утворена калюсна тканина (В)

Примітка. *Створено автором

Слід відмітити інтенсивне виділення цим експлантом вторинних метаболітів, а також утворення значної кількості мікропагонів. Можна зробити припущення, що збільшення кількості субкультивувань рослинного матеріалу спонукатиме розвиток більшої кількості мікропагонів на експлантах (рис. 5.17).

Як зазначають Yúsnita et al (1990), ВА позитивно впливав на ефективність утворення мікропагонів із пазушних бруньок. Ними було відмічено, що з кожним наступним субкультивуванням кількість новоутворених мікропагонів значно збільшувалася. Найбільшої кількості мікропагонів досягнуто після трьох

субкультивувань на живильному середовищі з конентрацією 20 мкМ(4,5 ppm) ВА. Подальше збільшення кількості субкультивувань або концентрації ВА не давали значущих результатів.

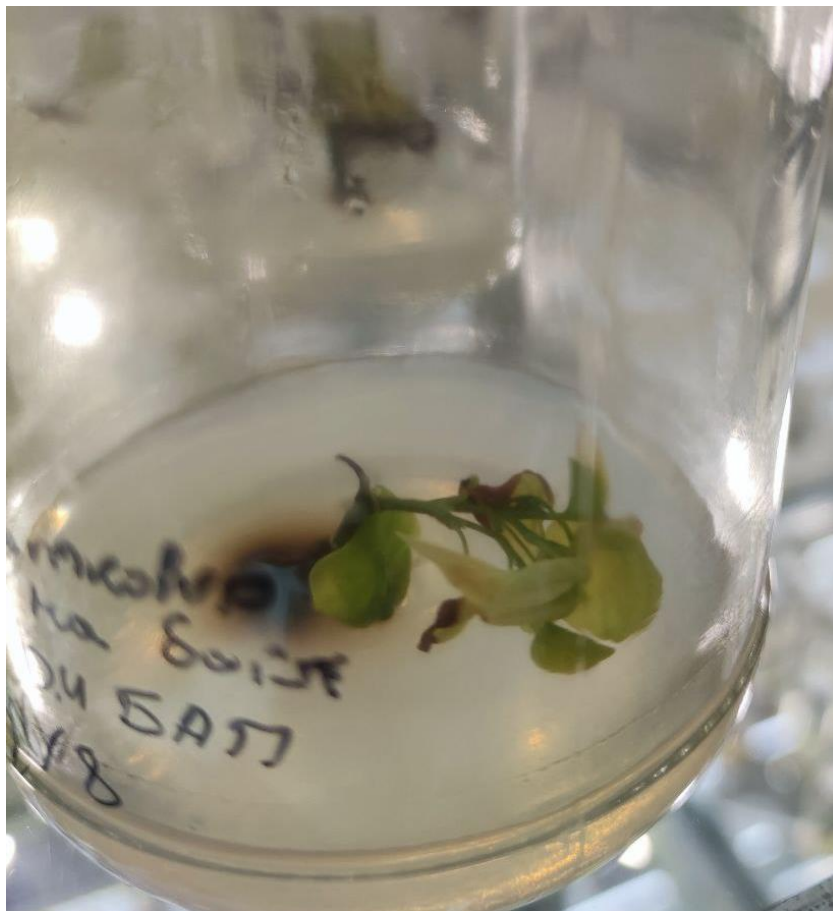


Рис. 5.17. Асептичний мікропагін *Cercis canadensis* L.*

Примітка. *Створено автором

Як можна спостерігати з рисунку 5.18, мікропагін утворив значну кількість пагонів (7-9 шт), має продуктивну вегетативну частину без суттєвих ознак пригніченості, проте помітне відмирання верхівки. Len Burkhart & Martin Meyer (1990) у своїй статті зауважили, що пагони, які культивували на живильному середовищі з низькими концентраціями ВА, мали низький коефіцієнт розмноження, тоді як висока концентрація цього ауксину призводила до відмирання верхівки. Така проблема була вирішена додаванням до живильного середовища TDZ (Burkhart et al., 1990). Припускаємо, що відмирання верхівок мікропагонів досліджуваних рослин також може бути спричинене відсутністю TDZ у досліджуваному варіанті живильного середовища.



Рис. 5.18. Мікропагін *Cercis canadensis* L. на WPM з 0.4 мг/л ВА*

Примітка. *Створено автором

Експлант *C. siliquastrum* 'Alba' утворив коричневу та біло-коричневу зернисту калюсну тканину, а також досить потужний пагін. Під час обліку також відмічено, що загалом вегетативні частини мали добрий стан: листкові пластинки мали зелене або світло-зелене забарвлення, проте одна листкова пластинка мала виражені ознаки пригнічення – візуально відмираюча. Слід відмітити буро-коричнєве забарвлення живильного середовища в зоні базального зрізу, що може свідчити про виділення вторинних метаболітів. Калюсної тканини утворено небагато (близько 0,7 см у діаметрі) (рис. 5.19).



Рис. 5.19. Асептична культура *Cercis siliquastrum* 'Alba'*

Примітка. *Створено автором

Як зазначають Борщевський М. О. та ін. (2013) у своїй роботі, вторинні метаболіти можуть призводити до пригнічення росту й розвитку експлантів. Щоб зменшити негативний вплив вторинних метаболітів вони рекомендують використовувати в живильному середовищі активоване вугілля, завдяки своїй високій адсорбуючій здатності.

На безгормональному WPM. було зафіксоване коренеутворення у 4 % експлантів *C. siliquastrum* 'Alba' на 28 добу культивування. Мікропагін субкультивували коренем на WPM з 0,4 мг/л ВА. Під час обліку встановлено, що в зоні відростання корення був утворений калюс (близько 0,7 см у діаметрі), коренів другого порядку не виявлено. Навколо коріння наявне потемніння, що

може бути вторинними метаболітами, які виділялися в процесі життєдіяльності експланту. Утворено 2 пагони довжиною 5-7 см кожен (рис. 5.20).

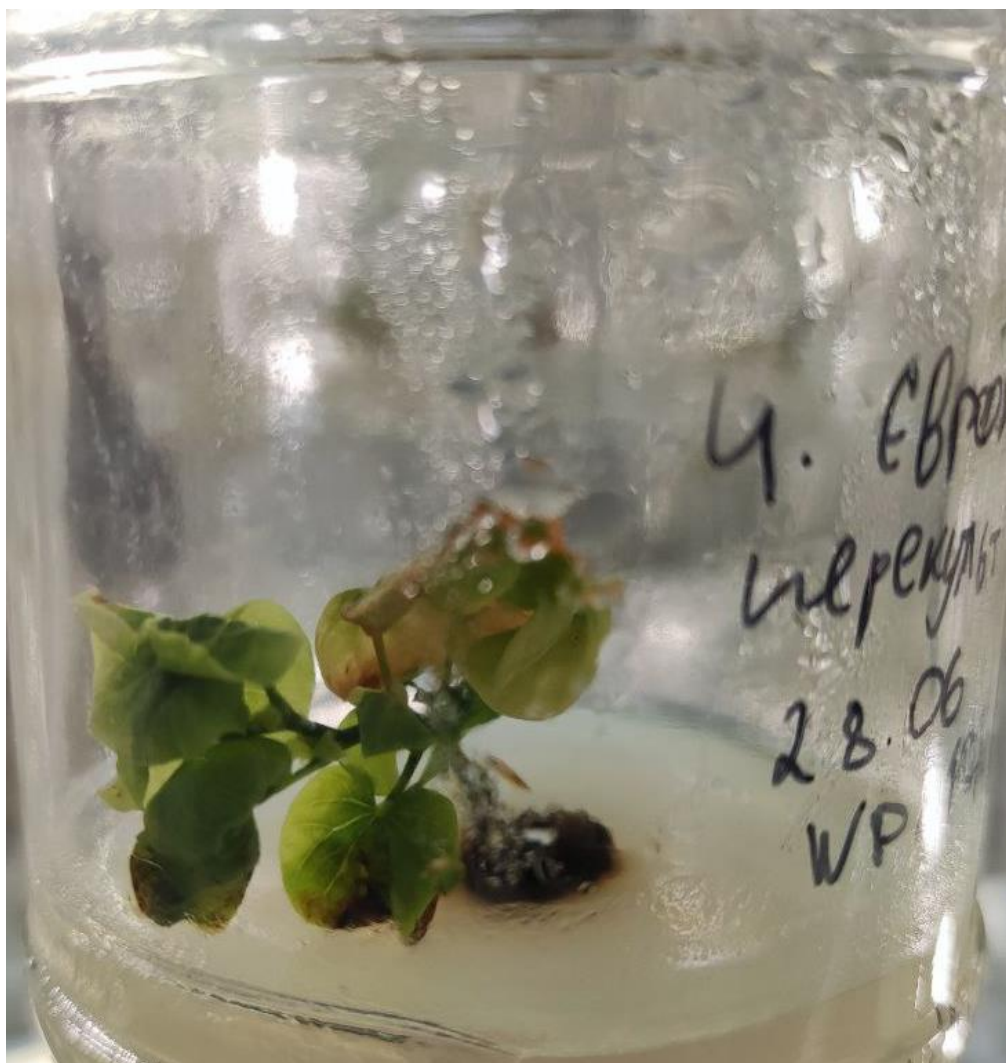


Рис. 5.20. Рослина-регенерант *Cercis siliquastrum* 'Alba'*

Примітка. *Створено автором

Мікропагони *C. canadensis*, культивовані впродовж 135 діб на безгормональному живильному середовищі WPM, були завдовжки 3-5 см (експланти мали інфекційне зараження, візуально нормальні, некрозу й вітрифікації не спостерігали, пригнічення регенерації не фіксували) (рис. 5.21).

Заражені мікропагони *C. siliquastrum* 'Alba' не мали пригнічення в регенераційній здатності (рис. 5.22).



Рис. 5.21. Мікропагони *Cercis canadensis* L. на 135 добу (безгормональне WPM)*

Примітка. *Створено автором

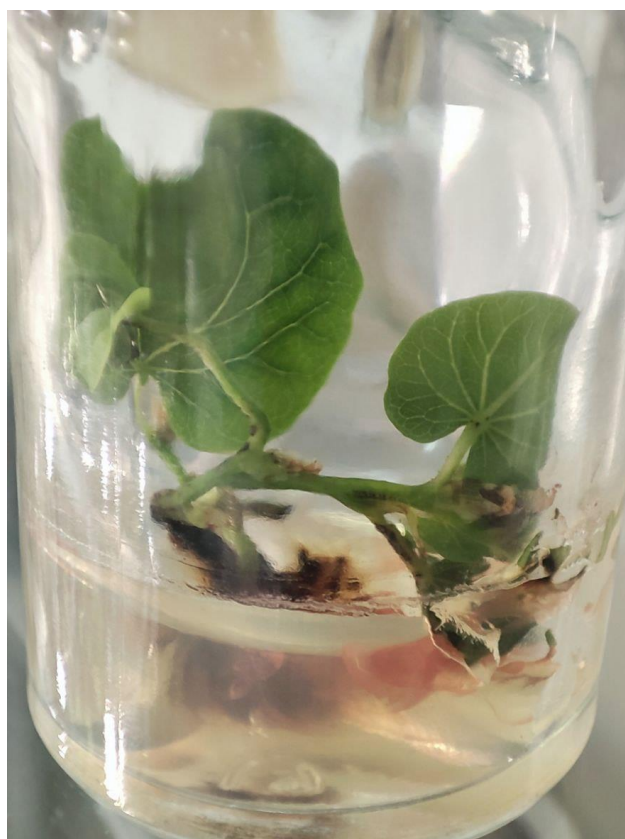


Рис. 5.22. Заражений життєздатний мікропагін *Cercis siliquastrum* 'Alba'

Примітка. *Створено автором

У результаті проведених досліджень отримані асептичні життєздатні мікропагони та рослини-регенеранти *C. canadensis* та *C. siliquastrum* 'Alba' в культурі *in vitro*.

5.4. Перспективи використання садивного матеріалу роду *Cercis* L. для міського озеленення у різних типах посадок

На основі даних досліджень, встановлено, що даний рід високодекоративний навесні під час масового квітування до розпускання листя. Озеленення насаджень загального користування відбувається за допомогою прийомів суцільного озеленення. Тому нами було запропоновано способи використання рослин дослідного роду як в системі озеленення насаджень загального користування, так і обмеженого користування. Окрім цього, встановлено, що *Cercis canadensis* L. стійкий до умов урбанізованого середовища, з урахуванням цього було запроєктовано лінійну алею з *Cercis canadensis* L., *spiraea japonica* 'Goldflame', *Philadelphus coronarius* L. та *Physocarpus opulifolius* 'Diablo' (рис. 5.23).



Рис. 5.23. Лінійна алея із використанням *Cercis canadensis* L.*

Примітка. *Створено автором; 1 – *C. canadensis* L.; 2 – *Spiraea japonica* 'Goldflame'; 3 – *Philadelphus coronarius* L.; 4 – *Physocarpus opulifolius* 'Diablo'

Алея побудова із даних таксонів буде декоративна протягом всього вегетаційного періоду, з ранньої весни за рахунок ефектного квітування *C.*

canadensis L., на доповнення йому буде розпускатись спірея японська зі своїми насичено бурими бруньками. Після завершення квітування *C canadensis* L. почне квітування чубушник вінцевий, а темн-пурпурові листки пухироплідника надаватимуть декоративності, аж до завершення вегетації.

За рахунок того, що *Cercis siliquastrum* L. відносять до дерев другої та третьої величини його також можна поєднувати в групових посадках із використанням як кущової так і деревної рослинності. Нами було запропоновано групову посадку за систематичним принципом, яка матиме високу декоративність за рахунок тривалого та ароматного квітування рослин підібраних в ній (Рис. 5.24).



Рис. 5.24. Групова посадка за систематичним принципом із використанням таксонів роду *Cercis* L.*

Примітка. *Створено автором; 1 – *C. siliquastrum* L.; 2 – *C. Canadensis* ‘Forest Pansy’; 3 – *Amorpha fruticosa* L.; 4 – *Caragana arborescens* Lam.; 5 – *Robinia pseudoacacia* L.; 6 – *Robinia viscosa* Vent.

Для створення групової посадки нами було використано рослини із родини *Fabaceae* Lindl. Зокрема були використані кущові рослини аморфи кущової та карагани деревоподібної, які квітуватимуть в літній період з червня по липень фіолетовими волотями та жовтими китицями. У ранньовесняний період декоративність групи будуть забезпечуватимуть цибулинні квіти (тюльпан, нарцис і т.д.), а також дерева *Cercis siliquastrum* L. та *C. canadensis* ‘Forest Pansy’ та виступатимуть акцентами композиції. Окрім цього, з травня до червня будуть

квітувати дерева робінії псевдоакації та робінії клейкої, які створюватимуть фон та обрамлення групи.

Рослини роду *Cercis* L. не містять потенційно отруйних речовин або небезпечних шипів та голок на поверхні гілок, тому їх не заборонено використовувати в насадженнях обмеженого користування таких як шкіл або дитячих садків. На рисунку 5.25 зображено варіант використання рослини роду *Cercis* L. в якості солітера в еко-класі, які зараз набирають популярності в якості місць навчально-просвітницьких заходів.

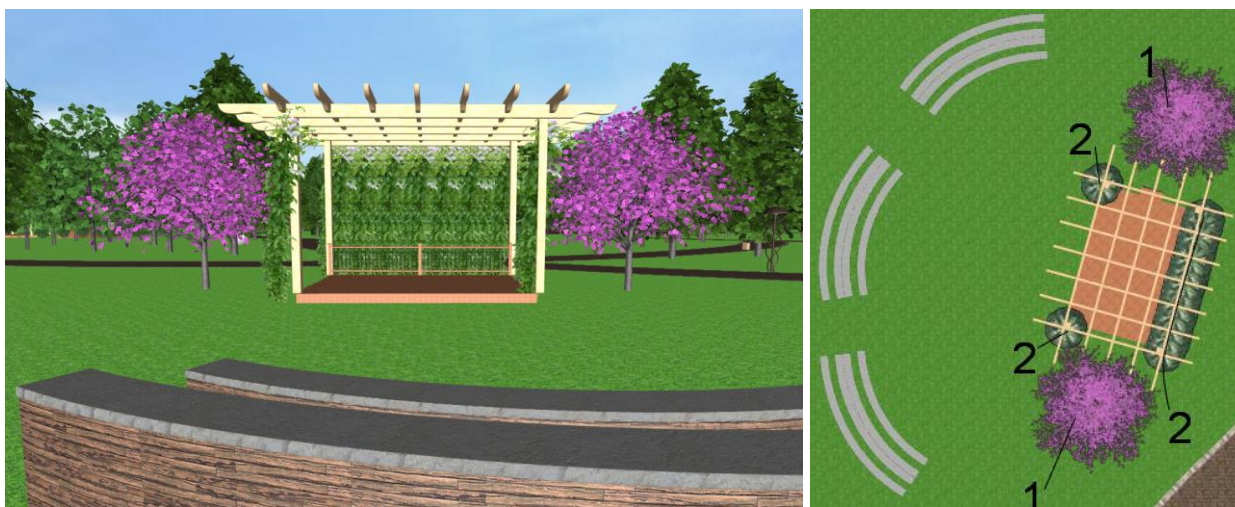


Рис. 5.25. Солітери *Cercis siliquastrum* L. в еко-класі*

Примітка. *Створено автором. 1 – *Cercis siliquastrum* L.; 2 – *Clematis* ‘Piilu’

За рахунок свого ефектного квітування та невибагливості до умов місцезростання даний рід, на нашу думку, доцільно використовувати і в приватному озелененні м. Києва (рис. 5.26).



Рис. 5.26. Використання солітеру *Cercis canadensis* L.*

Примітка. *Створено автором

На нашу думку, даний рід найкраще підходить до використання у алейних та лінійних типах посадок з поєднанням кущової рослинності із яскравим та контрастним кольором квіток (рис. 5.27).



Рис. 5.27. Лінійна посадка 1 – *C. canadensis* L. та 2 – *Forsythia* × *intermedia**

Примітка. *Створено автором

Яскраве і раннє квітування видів *Cercis* L. робить їх перспективним до використання в лінійних посадках для обрамлення центральних та головних площ паркових територій (рис. 5.28).

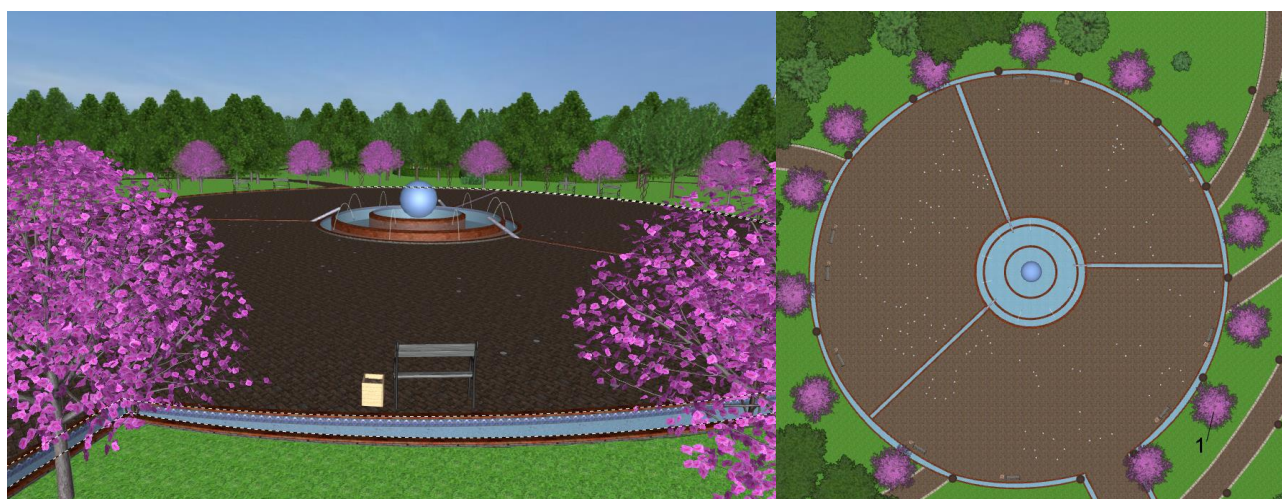


Рис. 5.28. Обрамлення центральної площі парку рослинами роду *Cercis* L.

Під час проектування різних типів посадок користуються нормативними показниками, які відрізняються в залежності від типу посадки. Рекомендуємо використовувати мінімальні віддалі від рослин, які наведені у таблиці 5.10.

**Рекомендовані відстані від рослин роду *Cercis* L. різних типів посадок
у міському озелененні***

Назва елементу	Віддалі, м
Між деревами першої і другої величини	4,0-8,0
Між деревами другої і третьої величини	1,0-4,0
Між деревами другої чи третьої величини і кущами	1,0-4,0
Однорядна посадка дерев до 15 м: із прорідженням	3,5-4,0
без прорідження	2,5-3,0
Дворядна посадка дерев до 15 м: в ряду	5,0-5,5
між рядами	2,5-3,0

Примітка. *Розроблено автором

Висновки до розділу 5:

1. Опираючись на результати проведених дослідів щодо генеративного розмноження рослин роду *Cercis* L., встановлено, що для підвищення схожості насіння потрібно піддавати холодній стратифікації упродовж 4 місяців за температури 4 °С із подальшим ошпарюванням окропом задля пошкодження та розм'якшення насіннєвої оболонки.

2. Передпосівна обробка насіння стимуляторами росту має вплив на схожість насіння, проте збільшення концентрацій призводить до негативного впливу і схожість насіння знижується. Окрім цього, стимулятори росту позитивно впливають на подальший розвиток сіянців у порівнянні з контрольним зразком.

3. Установлений позитивний вплив бурштинової кислоти в усіх апробованих концентраціях як на схожість, так і на морфометричні показники сіянців.

4. Установлено негативний результат класичним методом вегетативного розмноження. І хоча калюсна тканина й була утворена на базальних зрізах живців, вони не утворили коріння.

5. У результаті здійснених досліджень у культурі *in vitro* була розроблена методика мікроклонального розмноження рослин *Cercis canadensis* L., *Cercis siliquastrum* 'Alba', отримані асептичні регенераційно здатні мікропагони та рослини-регенеранти, придатні для подальшого тиражування та адаптації до умов довкілля. За використання 70 % етилового спирту з експозицією 30-60 с та подальшого занурення експлантів в 1 % розчин нітрату срібла на 7-8 хв. ефективність стерилізації становила: *C. canadensis* L. – $31,3 \pm 3,2$ % та *C. siliquastrum* 'Alba' – $20,0 \pm 1,8$ %. Ефективним живильним середовищем для введення експлантів досліджуваних рослин є безгормональне WPM.

6. Встановлений взаємозв'язок між ефективністю стерилізації та терміном введення рослинного матеріалу *in vitro*. Найкращим терміном заготівлі живців для розмноження є травень, у фазі активного росту. Ефективність стерилізації експлантів, введених у культуру *in vitro* в травні, була вищою майже в 1,5 рази від тих, які були уведені в кінці червня – на початку липня. Визначено, що режим стерилізації мікропагонів дослідних рослин достовірно впливав на її ефективність.

7. Для отримання значної кількості мікропагонів та калюсної тканини *C. canadensis* та *C. siliquastrum* 'Alba' доцільно використовувати живильне середовище WPM із додаванням 0,4 мг/л ВА.

8. Установлено поодинокі коренеутворення експлантів *C. siliquastrum* 'Alba' на 28 добу культивування на безгормональному WPM.

Подальші дослідження спрямовані дослідження особливостей адаптації рослин-регенерантів до умов довкілля.

9. З урахуванням особливостей та декоративної цінності рослин роду *Cercis* L. види є перспективними до використання в насадженнях загального та обмеженого користування в групових, алейних, лінійних та солітерних типах посадок.

ВИСНОВКИ

В озелененні населених пунктів існує проблема з асортиментом використання кущових видів рослин та дерев другої та третьої величини. Кущовий і другий ярус часто взагалі відсутній у парках м. Києва. Вирішенням цієї проблеми необхідно займатися і вводити перспективні високодекоративні види і культивари. Додатково свій вплив має і зміна клімату та посилене антропогенне навантаження на зелені насадження, що змушує проводити пошук більш стійких рослин як до абіотичних, так і біотичних чинників, до яких належать рослини роду *Cercis* L. За рахунок свого ефектного та тривалого квітування до розпускання листків, а також досить високого показника адаптивної стійкості та з причини популяризації рослин дослідного роду через унікальну здатність до кауліфлорії – утворення генеративних бруньок на стовбурі дерева, виникає проблема у забезпеченні ландшафтних дизайнерів та підприємств з утримання зелених насаджень якісним вітчизняним садивним матеріалом, а також наданні рекомендацій щодо використання рослин дослідного роду в озелененні м. Києва. У результаті проведених досліджень дійшли до таких висновків:

1. У процесі аналізу насаджень м. Києва встановлено, що переважаюча більшість рослин роду *Cercis* L. представлена видом *Cercis canadensis* L. (65 %) та його культиваром ‘Forest Pansy’ (32 %). Усього на території м. Києва зростають 4 таксони дослідного роду, окрім вищезазначених, зростають також *C. siliquastrum* L. та *C. siliquastrum* ‘Alba’.

2. Найбільша кількість таксонів роду *Cercis* L. зростає на території Дарницького району м. Києва, зокрема в парку «Партизанської слави» 45 % від загальної кількості виявлених рослин.

3. У результаті спостережень за рослинами дослідного роду було виявлено принципово різні морфологічні особливості видів *Cercis canadensis* L. та *C. siliquastrum* L. за якими їх можна ідентифікувати. Зокрема, для *C. canadensis* L. характерні листові пластинки із загостреною вершиною, без

вираженого жилкування; пагони мають більш видовжені міжвузля, ніж у *C. siliquastrum* L., а генеративні бруньки мають округлу форму. Для *C. siliquastrum* L. характерні листові пластинки округлої форми із вираженим жилкуванням, міжвузля вкорочені, як наслідок кількості їх більша майже вдвічі, а також генеративні бруньки мають загострено форму і зібрані в пучки

4. За рахунок квітування до розпускання листя, а також явища кауліфлорії, всі таксони дослідного роду мають високий бал декоративності (32 і вище). Проте за рахунок яскраво забарвленого листя та плакучої форми крони оцінка декоративності для культиварів *C. canadensis* 'Carolina sweetheart' та *C. canadensis* 'Ruby Falls' складала 34 бали.

5. Установлено, що місцезростання впливає на накопичення вторинних метаболітів у тканинах перидерми однорічних пагонів рослин роду *Cercis* L., а також на їхні морфометричні та анатомічні показники, такі як довжина пагонів, площа асиміляційної поверхні, кількість продихових клітин на листовій поверхні. Дослідним шляхом доведено, що на основі варіативності фенольних профілей можна відрізнати рослини в межах роду.

6. У результаті проведених експериментів з водного дефіциту листових пластинок рослин роду *Cercis* L. визначено, що середній показник дефіциту вологи коливався в межах 9-16 %.

7. Найкращі показники, при проведенні досліджень з визначення водного дефіциту, мав культивар *C. canadensis* 'Vanilla Twist' $8,71 \pm 2,98$ %.

8. Високі показники дефіциту вологи мали *C. gigantea* ($11,41 \pm 3,59$ %) та *C. canadensis* 'Ruby Falls' ($14,77 \pm 3,77$ %). Дані результати вказують, що для даних таксонів дослідного роду потрібна більша кількість вологи в ґрунті.

9. Завдяки експерименту, щодо визначення жаростійкості рослин встановлено, що за короткотривалої дії високих температур рослини роду *Cercis* L. здатні їх переносити без критичних пошкоджень для рослинного організму. Зокрема, найкращу жаростійкість мають культивари *C. canadensis* 'Vanilla Twist', *C. canadensis* 'Carolina sweetheart' та *C. siliquastrum* 'Alba'. Пошкодження листових пластинок за температури 50 °C склало близько 5 %. Отже, дані

таксони будуть в цілому краще реагувати на періоди з критично високими температурами повітря.

10. Опираючись на дані дослідження з оводненості листових пластинок можна зробити висновки, що найбільш вибагливими до вологи є *Cercis canadensis* ‘Carolina sweetheart’ (64,71 %) та *Cercis gigantea* (63,84 %). Водночас з отриманих результатів дослідження зрозуміло, що найбільшу посухостійкість має культивар *C. canadensis* ‘Vanilla Twist’ ($55,98 \pm 0,69$ %) та найменшу варіабельність умісту вологи, що може свідчити про те, що цей культивар має стабільний уміст вологи в своїх листках і відносно високу посухостійкість.

11. У результаті проведених досліджень нами були отримані дані щодо вологоутримуючої здатності листків рослин роду *Cercis* L. Найменшу вологовіддачу мали листки *Cercis canadensis* ‘Vanilla Twist’ ($2,12 \pm 0,05$ %) та *C. canadensis* L. ($2,10 \pm 0,26$ %), водночас *Cercis gigantea* мав високий показник ($2,62 \pm 0,09$ %) втрати вологи з низькою варіативністю за зразками.

12. Підтверджено позитивний вплив холодної стратифікації в поєднанні з термічною скарифікацією насіння рослин роду *Cercis* L. Схожість насіння без холодної стратифікації складав 20-24%, а із застосуванням холодної стратифікації покращувалась до 74-94 %.

13. Установлено, що для підвищення схожості насіння рослин роду *Cercis* L. доцільно використовувати бурштинову кислоту в концентрації 1 г/л. Проте, слід зазначити, що високий результат схожості (80 %) мало насіння *C. siliquastrum* ‘Alba’, оброблене препаратом «Radifarm» у концентрації 2,5 мл/л.

14. У результаті здійснених досліджень у культурі *in vitro* був розроблений протокол стерилізації вихідних експлантів рослин *Cercis canadensis* L. та *Cercis siliquastrum* ‘Alba’, а також отримані асептичні регенераційно здатні мікропагони та рослини-регенеранти, придатні для подальшого тиражування та адаптації до умов довкілля. За використання 70 % етилового спирту з експозицією 30-60 с із подальшим зануренням експлантів в 1 % розчин нітрату срібла на 7-8 хв. ефективність стерилізації становила: *C. canadensis* L. – $31,3 \pm 3,2$ % та *C. siliquastrum* ‘Alba’ – $20,0 \pm 1,8$ %. Ефективним

живильним середовищем для введення експлантів досліджуваних рослин є безгормональне WPM.

15. З урахуванням особливостей та декоративної цінності рослин роду *Cercis* L. види є перспективними до використання в насадженнях загального та обмеженого користування в групових, алейних, лінійних та солітерних типах посадок.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для покращення схожості насіння рослин роду *Cercis* L. застосовувати холодну стратифікацію терміном 4 місяці з подальшим ошпарюванням кип'ятком (95 ± 3 °C).
2. З метою підвищення якісних параметрів сіянців рекомендовано використання стимуляторів росту, зокрема, після скарифікації застосовувати передпосівну обробку насіння бурштиною кислотою у концентрації 1 г/л, попередньо замочивши його на 24 год.
3. Під час мікроклонального розмноження доцільно використовувати ступеневу стерилізацію експлантів у розчині етилового спирту 70 % (експозиція 30-60 с) з наступним зануренням у розчин нітрату срібла 1 % на 7 хв і потрійним відмиванням у дистильованій стерилізованій воді.
4. Уведення експлантів у культуру *in vitro* найкраще на безгормональне живильне середовище WPM.
5. Для забезпечення відмінного стану саджанців у системі зелених насаджень м. Києва доцільно проводити додатковий полив в посушливий період упродовж вегетаційного періоду, в залежності від загальної вологості ґрунту.
6. Для підвищення декоративності насаджень загального користування рекомендовано використовувати рослини роду *Cercis* L. в групових посадках сформованих за систематичним принципом з тривалим декоративним ефектом.
7. При створенні лінійних посадок поєднувати рослини дослідного роду із контрастними, красивоквітучими кущами, наприклад *Forsythia* Vahl.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бесеганич, І., Гасинець, Я., Кіш, Р., Сойма, А., & Вакерич, М. (2020). Деревно-чагарникові насадження мікрорайону «Малий Галагов» м. Ужгорода— історія формування та сучасний стан. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, (48). <https://doi.org/10.24144/1998-6475.2020.48.56-71>
2. Борщевський, М. О., Чорнобров, О. Ю., & Клюваденко, А. А. (2013). Розробка біотехнологічних прийомів розмноження сумаха пухнастого (*Rhus typhina* L.) in vitro. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво*, 187 (3), 218-224.
3. Бублик, М., Патика, Т., & Китаєв, О. (2013). *Лабораторні та польові методи визначення зимостійкості плодових порід і культур: Методичні рекомендації*. Київ: Інститут садівництва НААН України.
4. Войтовська, В. І., Українець, О. А., Осіпов, М. Ю., & Масловата, С. А. (2020). Особливості стерилізації різних експлантів рододендронів (*Rhododendron* L.) і введення їх в умови in vitro. *Новітні агротехнології*, 8. <https://doi.org/10.47414/na.8.2020.231231>
5. Гнатів, П., & Артемовська, Д. (2020). Властивості зовнішнього і внутрішнього середовищ листків дерев як чинники адаптації рослин у трансформованому довкіллі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, (7), 98–103.
6. Домшина, К., & Щербак, С. (2015). Біоекологічні та декоративні особливості видів роду *Cercis* L. в умовах Криворіжжя. *Екологічний вісник Криворіжжя*, 1, 47–49. <https://doi.org/10.31812/ecobulletinkrd.v1i0.6316>
7. ДСТУ 8558:2015. (2017). Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності). Київ: ДП УкрНДНЦ.

8. Євпак К., & Бублик М. (2024). Особливості введення в культуру *in vitro* обліпихи крушиноподібної (*Hipporhae rhamnoides*). *Вісник аграрної науки*, 102(2), 48–53. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202402-08>
9. Заячук, В. (2014). Дендрологія. Львів: СПОЛІОМ
10. Калініченко, О. (2003). Декоративна дендрологія. Київ: Вища школа.
11. Колдар Л. (2001). Природні ареали видів роду *Cercis* L. і їх поширення в культурі. *Інтродукція рослин*, 3–4, 49–54.
12. Колдар Л., Оксанюк В. (2022). *Cercis canadensis* L. в оптимізації садово-паркових ландшафтів Правобережного Лісостепу України. *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки): матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках VII наукового форуму "Тиждень науки в Крутах – 2022")* с. 92–97. Крути: Національна академія аграрних наук України, Інститут овочівництва і баштанництва, дослідна станція «Маяк».
13. Колдар, Л. А. (2013). Історія формування колекції видів роду *Cercis* L. у Національному дендропарку Софіївка НАН України. *Інтродукція рослин*, 2, 3–7.
14. Колдар, Л. А. (2016). Морфогенез експлантів *Cercis griffithii* Boiss. культивованих *in vitro*. Селекційно-генетична наука і освіта. Матеріали міжнародної конференції. Умань: Видавець Сочінський М. М. С. 127-129
15. Колдар, Л. А. (2003). Особливості формування декоративного посадкового матеріалу церцисів шляхом пікірування. *Інтродукція рослин*, 1-2, 113–116. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/IR_2003_1-2_17.pdf
16. Колдар, Л. А., & Небиков, М. В. (2007). Мікроклональне розмноження *Cercis siliquastrum* L. *Інтродукція рослин*, 4(36), 88–92. [doi: 10.5281/zenodo.2563338](https://doi.org/10.5281/zenodo.2563338).
17. Колесников, А. И. (2018). *Декоративная дендрология. Репр. воспроизведение изд. 1960.* Золотые страницы.

18. Кондратенко, П., & Бублик, М. (1996). *Методика проведення польових досліджень із плодових культур*. Сільськогосподарська наука, 95 с.
19. Косенко, І., & Пилип'юк, В. (2016). *Софіївка. Національний дендрологічний парк*. Київ: ПАЛИВОДА А. В., с. 26–28.
20. Косенко, І. С., Храбан, Г. Ю., Мітін, В. В., & Гарбуз, В. Ф. (1996). *Дендрологічний парк «Софіївка»*. Київ: Наукова думка.
21. Кузнецов, С. І., Левон, Ф. М., Клименко, Ю. О., Пилипчук, В. Ф., & Шумік, М. І. (2000). Сучасний стан та шляхи оптимізації зелених насаджень в Києві. *Інтродукція і зелене будівництво: Збірник наукових праць*, 90–104. Біла Церква: Мустанг.
22. Кушнір, Г. П., & Сарнацька, В. В. (2005). *Мікроклональне розмноження рослин*. Київ: Наукова думка.
23. Маурер, В. М. (2007). *Декоративне розсадництво: Навчальний посібник*. Вінниця: Нова Книга, 264 с.
24. Мельничук, М. Д., Новак, Т. В., & Кунах, В. А. (2003). *Біотехнологія рослин*. Київ: Поліграфконсалтинг
25. Михайлович, Н. В. (2015). Структурний аналіз видового складу дендроекзотів ботанічного саду Ужгородського Національного університету. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*, (229), 179–186.
26. Осадчий В., Бабіченко В. (2013). Температура повітря на території України в умовах сучасного клімату. *Український географічний журнал*, 4, 32–39.
27. Рева, М. Л. (1963). *Питання біології акліматизованих рослин* (. Київ: Вид-во АН УРСР, С. 2–5.
28. Трохимчук, А. І., & Макарова, Д. Г. (2022). *Науково-методичні рекомендації щодо збереження генетичних ресурсів плодових, ягідних, горіхоплідних та малопоширених культур*. Інститут садівництва НААН України.

29. Федоровський В., Терлига Н., Юхименко Ю., Данильчук О., Данильчук Н., Лаптева О. (2013). Видовий склад та життєвий стан деревно-чагарникової рослинності парків і скверів м. Кривий Ріг. *Інтродукція рослин*, Вип. 3, С. 73–79.
30. Хороших, О.Г., Хороших, О.В. (1999). Шкала комплексної оцінки декоративних ознак деревних рослин. *Науковий вісник : Дослідження, охорона та збагачення біорізноманіття: зб. наук.-техн. праць*, 9.9, 300.
31. Шлапак В., & Колдар Л. (2006). Біоекологічні особливості роду *Cercis* L., інтродукованого в Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 16(2), 19–24.
32. Abduganiyeva, D., Ruziyev, K., Khasanov, N., & Urazova, R. (2024). Optimum conditions for primary callus production in microclonal propagation of *Aronia melanocarpa* (Michx) Elliott. *BIO Web of Conferences*, 130, article number 01012. doi: 10.1051/bioconf/202413001012.
33. Al-Khayri, J. Rashmi, R., Toppo V. *et al.* (2023). Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management. *Metabolities*, 13(716), 1–37. <https://doi.org/10.3390/metabo13060716> ?
34. Anderson, L., & Milberg, P. (1998). Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Science Research*, 8, 29–38. DOI: 10.1017/S0960258500003883
35. APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: The Angiosperm Phylogeny Group. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. DOI:10.1111/boj.12385.
36. Babyn O, Pinchuk A, Derii A, Boyko O & Likhanov A (2024). Influence of urban environment factors on morphometric parameters and accumulation of secondary metabolites in *Cercis canadensis* L. and *Cercis siliquastrum* ‘Alba’. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 15(1), 8–24. DOI: 10.31548/forest/1.2024.08

37. Bahri, H. (2021). *Phytochemical composition and antioxidant activity of Cercis siliquastrum*. (Doctoral thesis, Notre Dame University-Louaize, Zouk Mosbeh, Lebanon)
38. Bewley, J. D., & Black, M. (1985). *Seed: Physiology of development and germination*. Plenum Press. https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=6S75BwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Seed,+Physiology+of+Development+and+Germination&ots=SHpdriyqZ2&sig=y3CZ4dOduNvjOzPR4_VQTKe2oac&redir_esc=y#v=onepage&q=Seed%2C%20Physiology%20of%20Development%20and%20Germination&f=false
39. Burkhart, L., & Meyer, M., Jr. (1990). Shoot proliferation of *Cercis canadensis* L. in vitro using thidiazuron and benzyladenine. *HortScience*, 25(9), 1088e-1088. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.25.9.1088e>
40. Cavieres, L. A., & Arroyo, M. T. K. (2000). Seed germination response to cold stratification period and thermal regime in *Phacelia secunda* (Hydrophyllaceae). *Plant Ecology*, 149, 1–8.
41. Chattha, F. A., Kousar, S., Naeem, F., & Ahmad, S. (2025). Connotation of plant growth regulators on seed germination. *Journal of Experimental Agriculture International*, 47(1), 343–356. <https://doi.org/10.9734/jeai/2025/v47i13236>
42. Chen D, Zhang D, Larsen K, Larsen SS, Vincent MA. 2010. Tribe Cercideae. In: Z Wu, PH Raven, D Hong eds. *Flora of China*. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press. 10: 5–21.
43. Cheong, E., & Pooler, M.R. (2003). Micropropagation of Chinese redbud (*Cercis yunnanensis*) through axillary bud breaking and induction of adventitious shoots from leaf pieces. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 39, 455–458. [doi: 10.1079/IVP2003446](https://doi.org/10.1079/IVP2003446).
44. Chmielarz, P., Kotlarski, S., Kalembe, E.M., & Michalak, M. (2023). Successful *in vitro* shoot multiplication of *Quercus robur* L. trees aged up to 800 years. *Plants*, 12(12), article number 2230. [doi: 10.3390/plants12122230](https://doi.org/10.3390/plants12122230).

45. Chornobrov, O., & Bilous, S. (2021). In vitro plant regeneration of Christmas cactus (*Schlumbergera truncata* (Haw.) Moran) by indirect morphogenesis. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 63(1), 68–73. doi: 10.2478/ffp-2021-0007.
46. Chornobrov, O., & Tkachova, O. (2021). Optimisation of the protocol for sterilising explants of some deciduous woody plants in culture in vitro. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 12(3), 80–86. <https://doi.org/10.31548/forest2021.03.007>
47. Chornobrov, O., Melnyk, O., Karpuk, A., & Vasylyshyn, R. (2023). Peculiarities of plant adaptation of interspecific hybrid *Betula ex vitro*. *Scientific Horizons*, 26(11), 49–57. doi: 10.48077/scihor11.2023.49.
48. Clark, R., & Bachtell, K. R. (1992). Eastern redbud (*Cercis canadensis* L.). *Morton Arboretum Quarterly*, 28(1), 6–10.
49. Convention on Biological Diversity. (1992, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text.
50. Dai, W., Jacques, V., Herman, D., & Cheng, Z.-M. (2005). Micropropagation of a cold hardy selection of *Cercis canadensis* L. through single-node culture. *Journal of Environmental Horticulture*, 23(1), 54–58. doi: 10.24266/0738-2898-23.1.54.
51. Davis C., Fitch P., Li J. & Donoghue M. (2002). Phylogeny and biogeography of *Cercis* (*Fabaceae*): evidence from nuclear ribosomal ITS and chloroplast *ndhF* sequence data. *Systematic Botany*, 27(2), 289–302.
52. Delbari, A., Afsordeh, B. & Aghaee E. (2019). Cadmium and lead absorption in soil and plants of *Cercis siliquastrum* and *Ailanthus altissima*. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 9(4), 149–158.
53. Demel, T. (1996). Germination ecology of twelve indigenous and eight exotic multipurpose leguminous species from Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 80, 209–223. DOI:10.1016/0378-1127(95)03616-4

54. Dirr, M. A., & Heuser, C. W. (1987). *The reference manual of woody plant propagation: From seed to tissue culture*. Varsity Press.
55. Driver, J.A., & Kuniyuki, A.H. (1984). In vitro control propagation of paradox walnut rootstock. *HortScience*, 19(6), 507–509.
56. Eisold, A.-M.E., Thiesen, F., Brüggmann, T., & Bubner, B. (2024). *In vitro forest trees: Tissue culture as a proper tool for breeding and conservation*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/380186877_In_vitro_forest_trees_Tissue_culture_as_proper_tool_for_breeding_and_conservation.
57. Ewais, E. (1997). Effects of cadmium, nickel and lead on growth, chlorophyll content and proteins of weeds. *Biologia Plantarum*, 39, 403–410.
58. Fenner, M. (1991). The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Science Research*, 1, 75–84.
59. Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge University Press.
60. Fernandez, H., Dumas, P., & Bonnet-Masimbert, M. (1997). Quantification of GA₁, GA₃, GA₄, GA₇, GA₈, GA₉, GA₁₉ and GA₂₀; and GA₂₀ metabolism in dormant and nondormant beechnuts. *Plant Growth Regulation*, 22(1), 29–35. DOI:10.1023/A:1005814926549
61. Frank P. Matthews. (2025). *Cercis canadensis 'Vanilla Twist'®*. <https://www.frankpmatthews.com/catalogue/ornamental-trees/cercis/cercis-can-vanilla-twist/>
62. Frett, J. L., & Dirr, M. A. (1979). Scarification and stratification requirements for seed of *Cercis canadensis* L. (redbud), *Cladrastis lutea* (Michx. f.) C. Koch (yellowwood), and *Gymnocladus dioica* (L.) C. Koch (Kentucky coffee tree). *Plant Propagator*, 25(2), 4–6.
63. Fritsch, P. W, Cruz B. C. (2012). Phylogeny of *Cercis* based on DNA sequences of nuclear its and four plastid regions: Implications for transatlantic historical biogeography. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 62, 816–825.
64. Fritsch, P.W, Nowell, C. F., Leatherman, L. S. T, Gong, W, Cruz, B. C., Burge, D. O., Delgado-Salinas, A.(2018). Leaf adaptations and species boundaries

in North American *Cercis*: Implications for the evolution of dry floras. *American Journal of Botany*, 105, 1577–1594.

65. Garg, F. C. (2024). Role of microorganisms in seed germination. In *New perspectives on seed germination* [Working title]. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1006270>

66. Ge Q, Wang H, & Dai J (2013) Shifts in spring phenophases, frost events and frost risk for woody plants in temperate China. *Climate Research*, 57(3), 249–258. <https://doi.org/10.3354/cr01182>

67. Gebre, G. H., & Karam, N. S. (2004). Germination of *Cercis siliquastrum* seeds in response to gibberellic acid and stratification. *Seed Science and Technology*, 32(1), 255–260. DOI:[10.15258/sst.2004.32.1.29](https://doi.org/10.15258/sst.2004.32.1.29)

68. Geneve, R. L. (1991). Eastern redbud (*Cercis canadensis* L.) and Judas tree (*Cercis siliquastrum* L.). In Y.P.S. Bajaj (Ed.), *Trees III. Biotechnology in agriculture and forestry*, 16, 153–167 doi: [10.1007/978-3-662-13231-9_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-13231-9_8).

69. Google. (2024). *Google Maps*. https://www.google.com.ua/maps/@50.3760438,30.4821387,8558m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUwNy4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

70. Grbić, M., Skočajić, D., Đukić, M., Đunisijević-Bojović, D., Obratov-Petković, D., & Bjedov, I. (2014). Breaking of Judas tree seed dormancy by plant hormone treatments. *Glasnik Sumarskog fakulteta*, (109), 73–84. DOI:[10.2298/GSF1409073G](https://doi.org/10.2298/GSF1409073G)

71. Hakimi, L., Matiniazadeh, M., Shirvani A., Khalighi. (2015). Physiological and Biochemical Response of *Berberis integerrima* and *Cercis siliquastrum* to cadmium and lead stress. *Advances in BioResearch*, 6 (3), 21–24. https://www.researchgate.net/publication/351775890_Physiological_and_Biochemical_Response_of_Berberis_integerrima_and_Cercis_siliquastrum_to_cadmium_and_lead_stress

72. Han X, Zhao Y, Chen Y, Xu J, Jiang C, Wang X, Zhuo R, Lu M & Zhang J (2022). Lignin biosynthesis and accumulation in response to abiotic stresses in woody plants. *Forestry Research*, 2(9). DOI: [10.48130/FR-2022-0009](https://doi.org/10.48130/FR-2022-0009)

73. Hassan, S., Mathesius, U. (2012). The role of flavonoids in root–rhizosphere signalling: opportunities and challenges for improving plant–microbe interactions. *Journal of Experimental Botany*, 63(9), 3429–3444. <https://doi.org/10.1093/jxb/err430>
74. Havryliuk O, Yevdokymov D, Korol I, Kushym A, Maiboroda D & Oliinyk B (2024). Drought-resistance elements and heat-resistance of varieties and hybrids of columnar apple trees. *Scientific reports of nules of ukraine*, 1(107). [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.007](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.007)
75. Hu L, Li H, Pang H & Fu J (2012). Responses of antioxidant gene, protein and enzymes to salinity stress in two genotypes of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) differing in salt tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 169(2), 146–156. doi: 10.1016/j.jplph.2011.08.02
76. Huang Y, Jacques FM, Su T, Ferguson DK, Tang H, Chen W, Zhou Z. (2015). Distribution of Cenozoic plant relicts in China explained by drought in dry season. *Scientific Reports*, 5, 14212.
77. International Seed Testing Association. (2025). *International rules for seed testing* (Full Issue i–19-10 (320)). <https://doi.org/10.15258/istarules.2025.F>
78. Isely D. (1975). *Leguminosae of the United States. II: Subfamily Caesalpinioideae*. Memoirs of the New York Botanical Garden, 25, 1–228.
79. Jusuf, H., Elveny, M., Azizova, F. Shichiyakh, R. *et al* (2022). Plant secondary metabolites as defenses: A review. *Journal of Water and Land Development*, 55, 206–211. DOI: 10.24425/jwld.2022.142323 https://www.researchgate.net/publication/366902766_Plant_secondary_metabolites_as_defenses_A_review
80. Kannenberg, S. A., Maxwell, J. T., Pederson, N., D'Orangeville, L., Ficklin, D. L. & Phillips, R. P. (2019). Drought legacies are dependent on water table depth, wood anatomy and drought timing across the eastern US. *Ecol Lett*, 22(1), 119–127. <https://doi.org/10.1111/ele.13173>.

81. Keynia, S., Jaafar, L., Zhou, Y., Anderson, C. T., & Turner, J. A. (2023). Stomatal opening efficiency is controlled by cell wall organization in *Arabidopsis thaliana*. *PNAS Nexus*, 2(9). <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad294>
82. Koç, E. & Karayiğit, B. (2023). Plant Secondary Metabolites in Stress Tolerance. *Climate-Resilient Agriculture*, 1, 379–433. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37424-1_19
83. Koldar, L. (2020). *Інтродукція видів роду Cercis L. в Національному Дендропарку «Софіївка» НАН України і перспективи їх використання. Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy*, (35)2. ISSN 1896-8333, e-ISSN 2449-9013.
84. Lamb, D. G. J., Kelly, C. J., & Bowbrick, P. (1975). *Nursery stock manual*. Grower Books.
85. Li, X.-C., Manchester, S. R., Wang, Q., Xiao, L., Qi, T.-L., Yao, Y.-Z., Ren, D., & Yang, Q. (2020). A unique record of *Cercis* from the late early Miocene of interior Asia and its significance for paleoenvironment and paleophytogeography. *Journal of Systematics and Evolution*, 59(6). <https://doi.org/10.1111/jse.12640>
86. Likhanov A.F. Vasylyshyn R.D. Marchuk Y. M., Kurdyuk O. M., Honchar H.Yu., Borysov O.V., Bilous S.Yu., Yakubenko B.Ye., Al Naggar Y. (2023). Consistency of phenolic profiles with taxonomic distribution and adaptation of birch species (*Betula* L.) to environmental conditions. *Botany*. 101(10), 400–413. <https://doi.org/10.1139/cjb-2021-0221>
87. Likhanov A.F., Sereda O.V., Gryb V.M., Melnyk V.I., Osadchuk L.S., Yuskevych T. (2019). Biochemical markers of vital biodestruction in Common oak (*Quercus robur*). *Biosystems Diversity*, 27(4), 314–321. <https://doi.org/10.15421/011941>
88. Lima R., Santos T., Vieira L., Ferrarese M., Ferrarese-Filho O., Donatti O., Boeger M & Petcowicz C (2013). Heat stress causes alterations in the cell-wall polymers and anatomy of coffee leaves (*Coffea arabica* L.). *Carbohydrate polymers*, 93(1), 135–43.

89. Liu, N. Y., Khatamian, H., & Freta, T. A. (1981). Seed coat structure of three woody legume species after chemical and physical treatments to increase seed germination. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106(5), 691–694. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19820304718>
90. Mackay, W.A., Tipton, J.L., & Thompson, G.A. (1995). Micropropagation of Mexican redbud, *Cercis canadensis* var. *mexicana*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 43(3), 295–299. doi: 10.1007/BF00039959.
91. Manchester S. R. (1999). Biogeographical relationships of North American Tertiary floras. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 86, 472–522.
92. Martinuzzi, R., Gastaldo, P., Profumo, P., & Riggio Bevilacqua, L. (1985). Bound ferulic acid in the endosperm of *Cercis siliquastrum* L. *Plant Science*, 38(1), 41–46. DOI: 10.1016/0168-9452(85)90077-9
93. McCown, B.H., & Lloyd, G. (1981). Woody plant medium (WPM) – a mineral nutrient formulation for microculture of woody plant species. *HortScience*, 16(4), 453–453.
94. Müller, K., Tintelnot, S., & Leubner-Metzger, G. (2006). Endosperm-limited Brassicaceae seed germination: Absciscic acid inhibits embryo-induced endosperm weakening of *Lepidium sativum* (cress) and endosperm rupture of cress and *Arabidopsis thaliana*. *Plant and Cell Physiology*, 47(6), 864–877. DOI: 10.1093/pcp/pcj059
95. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15(6), 473–497.
96. Nadler, J.D., Pooler, M., Olsen, R.T., & Coleman, G.D. (2012). In vitro induction of polyploidy in *Cercis glabra* Pamp. *Scientia Horticulturae*, 148, 126–130. doi: 10.1016/j.scienta.2012.09.024.
97. Bhargava, B., Kumar, P., & Verma, V. (Ред.). (2024). *Ornamental horticulture: Latest cultivation practices and breeding technologies*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-97-4028-4>.
98. Nejad, A., Hatamian, M., Kafi, M., Souri, M. & Shahbazi, K. (2018). Interaction of Lead and Nitrate on Growth Characteristics of Ornamental Judas Tree

(*Cercis siliquastrum* L.). *Open Agriculture*, 3(1), 670–677.
<https://doi.org/10.1515/opag-2018-0070>

99. Nielsen, J. M., Brandt, K., & Hansen, J. (1993). Long-term effects of thidiazuron are intermediate between benzyladenine, kinetin or isopentenyladenine in *Miscanthus sinensis*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 35(2), 173–179. doi: [10.1007/BF00032967](https://doi.org/10.1007/BF00032967).

100. Nilüfer Seyidoğlu Akdeniz (2020.). Woody landscape plants used in the design of hospital gardens and their sensory effects on users. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22 (1), 47–62.

101. Nimavat, N., & Parikh, P. (2024). Innovations in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) micropropagation: Detailed review of in vitro culture methods and plant growth regulator applications. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 159(6), article number 6. doi: [10.1007/s11240-024-02866-7](https://doi.org/10.1007/s11240-024-02866-7).

102. Nuzhyna, N., Ivanova, I., Hrytsak, L. & Drobyk, N. (2022). Drought-resistant species of trees and bushes are an important link for reducing the negative effects of “urban heat islands”. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University Series Biology*, 83(2), 37–43. doi: [10.25128/2078-2357.22.3.6](https://doi.org/10.25128/2078-2357.22.3.6).

103. Oakland Nursery. (2025). *Vanilla Twist Weeping Redbud* (*Cercis canadensis* 'Vanilla Twist').
https://plants.oaklandnursery.com/12130001/Plant/25930/Vanilla_Twist_Weeping_Redbud/

104. Oliinyk, O. O., Likhanov, A. F., & Melnychuk, M. D. (2017). Effect of oxycinnamic and oxybenzoic acids on metabolism and regeneration processes in explants of rose ethereal in vitro culture. *Biological Systems*, 9(1), 33–38.
http://ibhb.chnu.edu.ua/uploads/files/vb/BS_T9_V1_2017/_Oliinyk.pdf

105. Önder, S. & Akay, A. (2014). The roles of plants on mitigating the urban heat islands' negative effects. *International Journal of Agriculture and Economic Development*, 2(2), 18–32.

106. Orozco-Almanza, M. S., Leon-Garcia, L. P., Grether, R., & Garcia-Moya, E. (2003). Germination of four species of the genus *Mimosa* (Leguminosae) in a semi-arid zone of Central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 55, 75–92. DOI:[10.1016/S0140-1963\(02\)00265-3](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(02)00265-3)
107. Panneerselvam, K., Herath, K., & Mayakaduwa, R. (2024). Developing surface sterilisation protocol and multiplication media for Sansevieria trifasciata. In *2nd Ruhuna international conference on innovation and technology* (pp. 61). Ruhuna: University of Ruhuna.
108. Pieraccini, R., Whatley, L., Koedam, N., Vanreusel, A., Dolch, T., Dierick, J., & Van der Stocken, T. (2025). Gibberellic acid and light effects on seed germination in the seagrass *Zostera marina*. *Physiologia Plantarum*, 177(2), e70137. <https://doi.org/10.1111/ppl.70137>
109. Pipinis, E., Aslanidou, M., Milios, E., Gkioumousides, C., & Karakosta, C. (2005). Germination study on three leguminous species *Calycotome villosa*, *Spartium junceum* and *Medicago arborea* (in Greek). *Scientific Annals of the Department of Forestry and Natural Environment*, 43, 253–263.
110. Pipinis, E., Milios, E., Smiris, P., & Gioumousidis, C. (2011). Effect of acid scarification and cold moist stratification on the germination of *Cercis siliquastrum* L. seeds. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 35(3), 259–264. DOI:[10.3906/tar-1003-848](https://doi.org/10.3906/tar-1003-848)
111. Profumo, P., Gastaldo, P., & Martinuzzi, R. (1979). On the inhibiting action of the endosperm on the seed germination of *Cercis siliquastrum*. *Experientia*, 35(11), 1452–1453. <https://doi.org/10.1007/BF01958084>
112. Ram, A., & Thomas, D. (2024). Advances in direct and indirect organogenesis in forest trees: A review. In *Biotechnological approaches for sustaining forest trees and their products* (pp. 23-45). Singapore: Springer. doi: [10.1007/978-981-97-4363-6_2](https://doi.org/10.1007/978-981-97-4363-6_2).
113. Rehman, A., Khan, I. & Farooq, M. (2023). Secondary Metabolites Mediated Reproductive Tolerance Under Heat Stress in Plants. *J Plant Growth Regul.* <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11161-2>

114. Rosner, L. S., Harrington, J. T., Dreesen, D. R., & Murray, L. (2003). Sulfuric acid scarification of wax currant seeds from New Mexico. *Native Plants Journal*, 4, 65–71. DOI:10.3368/npj.4.1.65
115. Sacheti, U., & Al-Rawahy, S. H. (1998). The effects of various pretreatments on the germination of important leguminous shrub-tree species of the Sultanate of Oman. *Seed Science and Technology*, 26, 691–699.
116. Salatino, A., Salatino, M., Giannasi, D. (2000). Flavonoids and the taxonomy of *Cercis*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28, 545–550.
117. Samanta, A., Das, G. & Das, S. (2011). Roles of flavonoids in plant. *Int J Pharm Sci Tech*, 6(1), 12–35.
118. Sands, K. & Rutter, J. A. (1958). The relation of leaf water deficit to soil moisture tension in *Pinus sylvestris* L. II. Variation in the relation caused by developmental and environmental factors. *New Phytologist*, 57(3), 387–399. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1958.tb05326.x
119. SaveEcoBot. (2023). Якість повітря у Шевченківському районі міста Київ. SaveEcoBot. <https://www.saveecobot.com/maps/kyiv/shevchenkivskyi>
120. Shepeliuk, M., Kovalevskyi, S., Kytaiev, O., Kychyliuk, O. & Andreieva, V. (2021). Frost resistance of the introduced species of trees in the urbanized environment. *AgroLife Scientific Journal*, 10(1). <https://doi.org/10.17930/AGL2021123>
121. Shi, H., Wang, Y., Cheng, Z., Ye, T. & Chan, Z. (2012). Analysis of natural variation in bermudagrass (*Cynodon dactylon*) reveals physiological responses underlying drought tolerance. *PLoS ONE*, 7(12). doi: 10.1371/journal.pone.0053422
122. Sinou, C., Forest, F., Lewis, G. P., Bruneau, A. (2009). The genus *Bauhinia* s.l. (Leguminosae): A phylogeny based on the plastid *trnL-trnF* region. *Botany*, 87, 947–960.
123. Sirin, E., Erturk, Y., Kazankaya, A. (2022). Methods and principles used in determining frost resistance degrees of fruit trees. In *2nd International Conference on Scientific Research* (pp. 650–658) Turkey: Kirsehir Ahi Evran University

124. Sitko, K., Opała-Owczarek, M., Jemioła, G., Gieroń, Ż., Szopiński, M., Owczarek, P., Rudnichka, M. & Malkowski, E. (2021). Effect of drought and heavy metal contamination on growth and photosynthesis of silver birch trees growing on post-industrial heaps. *Cells*, 11(53). doi: <https://doi.org/10.3390/cells11010053>
125. Strashok, O., Kolesnichenko, O., Kalbarczyk, R., Ziemianska, M., Bidolakh, D. & Strashok, V. (2022). Assessment of model grass plots of the city of kyiv in eco-conditions of anthropogenic load. *Ukrainian journal of forest and wood science*, 13 (1), 58–71.
126. Sy, A., Grouzis, M., & Danthu, P. (2001). Seed germination of seven Sahelian legume species. *Journal of Arid Environments*, 49(4), 875–882.
127. Szymajda, M., & Maciorowski, R. (2025). Seed preparation methods for increasing the germination of sour cherry (*Prunus cerasus* L.). *Forests*, 16(3), 516. <https://doi.org/10.3390/fl6030516>
128. Tiffney, B. H., Manchester, S. R. (2001). The use of geological and paleontological evidence in evaluating plant phylogeographic hypotheses in the Northern Hemisphere Tertiary. *International Journal of Plant Sciences*, 162, S3–S17.
129. Tipton, J. L. (1992). Requirements for seed germination of Mexican redbud, evergreen sumac, and mealy sage. *HortScience*, 27, 313–316. DOI:[10.21273/HORTSCI.27.4.313](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.4.313)
130. Tyshchenko, A., Tyshchenko, O., Konovalova, V., Fundirat, K. & Piliarska, O. (2023). Methods of determining the adaptability and ecological stability of plants. *Scientific Collection «InterConf+»*, 33(155), 324–342. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.05.2023.029>
131. Wang, X., Kubenka, K., Hilton, A., Chatwin, W., Cox, T., & Shu, S. (2025). The effects of freezing and stratification on pecan (*Carya illinoensis*) seed germination and seedling growth. *Technology in Horticulture*, 5, e002. <https://doi.org/10.48130/tihort-0024-0030>
132. Wen, J. (1999). Evolution of eastern Asian and eastern North American disjunct distributions in flowering plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 30, 421–455.

133. Yu, X., Zhang, W., Zhu, H., Wang, Y., Hu, C., Yang, Y., & Zhu, J. (2025). Tissue culture and rapid micropropagation for *Quercus suber* L. *Forests*, 16(1), article number 23. doi: 10.3390/f16010023.
134. Yusnita, S., Geneve, R.L., & Kester, S.T. (1990). Micropropagation of white flowering eastern redbud (*Cercis canadensis* var. *alba* L.). *Journal of Environmental Horticulture*, 8(4), 177–179. doi: 10.24266/0738-2898-8.4.177.
135. Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292, 686–693.
136. Zandalinas, S & Mittler R (2022). Plant responses to multifactorial stress combination. *New Phytologist*, 234(4), 1161-1167. <https://doi.org/10.1111/nph.18087>
137. Zencirkıran, M. (2008). *Cercis: The definition, ecology and cultivation. (Episode writing) Emir Sultan and the Cercis. “A public call”* (E. B. Keskin, Ed.). Bursa Metropolitan Municipality, Local Agenda 21 Publication, 123–126.
138. Zencirkıran, M., Tümsavaş, Z., & Ünal, H. (2010). The effects of different acid treatment and stratification duration on germination of *Cercis siliquastrum* L. seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 159–163. <https://doi.org/10.15835/nbha3813867>
139. Zhao L, Oppenheimer M, Zhu Q, Baldwin J W, Ebi K L, Bou-Zeid E, Guan K & Liu X (2018). Interactions between urban heat islands and heat waves. *Environmental Research Letters*, 13(3). DOI 10.1088/1748-9326/aa9f73
140. Zhou, R., Boboev, M., Kurbonova, P., Li, W. J., & Lu, T. (2025). Seed germination of the medicinal plant *Ferula gigantea*. *Seed Science and Technology*, 53(1), 17–21. <https://doi.org/10.15258/sst.2025.53.1.03>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Шкала комплексної оцінки декоративних ознак деревних рослин

Основні морфологічні ознаки		Деталізація морфологічних ознак	Декоративність		
			Висока	Середня	Мала
1	2	3	4	5	6
Архітектоніка крони	Форма	Чітка, конусо-, колоноподібна, куляста, плакуча, циліндрична, формована, широкогілляста	3		
		Зонтична, овальна		2	
		Округла розкидиста, приземлиста			1
	Щільність	Ажурна	3		
		Піважурна		2	
		Щільна			1
Архітектоніка стовбура	Фактура	Гладка: глибокотріщинувата, яка дає малюнок	3		
		Пластинчата, дрібнотріщинувата, дає малюнок		2	
		Поздовжньо-тріщинувата, без малюнку			1
	Колір кори	Конкретні тони	3		
		Перехідні тони		2	
		Зливається із загальним тоном			1
	Колір гілок	Змінюється двічі на рік	3		
		Змінюється один раз на рік		2	
		Колір гілок не змінюється			1
Оцінка архітектоніки		15	10	5	
Листки	Форма, розмір	Велике, яскрава мозаїка або хвоя	3		
		Середньовелике, менш виразний орнамент мозаїки		2	
		Дрібне, листяна мозаїка слабка			1
	Зміна забарвлення	Зміна забарвлення по 3-х сезонах, вічнозелене	3		
		Зміна забарвлення 2 рази за вегетаційний період		2	

1	2	3	4	5	6
Листки		Без зміни забарвлення за вегетаційний період			1
	Час покриття листя	Рано розпускається, пізно опадає, вічнозелене	3		
		Середня тривалість перебування на дереві		2	
		Пізно розпускається і рано опадає			1
	Колір	Конкретні тони	3		
		Перехідні відтінки		2	
		Зливається із загальним тоном			1
	Оцінка листя		12	8	4
Квіти	Форма, величина, колір	Фомрою- розміром і кольором помітно виділяються, надають рослині велику декоративність	3		
		Менш помітні, надають рослині декоративність		2	
		Малозамітні, не впливають на декоративність			1
	Запах	Сильний, приємний	3		
		Слабкий, приємний		2	
		Малоприсмний без запаху			1
	Час і тривалість квітіння	Цвітуть до розпускання листя, більше 30 днів	3		
		Цвітуть разом з розпусканням листя 10-30 днів		2	
		Цвітуть після розпускання листя, менше 10 днів			1
	Оцінка квітів		6	4	2
Плоди	Форма і величина	Великі, помітні здалеку, привабливі	3		
		Середні, помітні здалеку		2	
		Дрібні, не помітні, малопривабливої форми			1
	Колір, яскравість, тривалість перебування на рослині	Яскраві, ясні, тримаються на рослині більше 60 днів	3		
		Пастельних тонів, середньо ясні, помітні на фоні гілок, тримаються 30-60 днів		2	
		Колір зливається з гілками, рідко осипаються до 30 днів			1
	Оцінка плодів		6	4	2
Загальна оцінка декоративності			42	28	14

ДОДАТОК Б

Таблиця Б 1

Нормалізовані дані треків високоефективної тонкошарової хроматографії

Rf	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11(	S12	S13	S14	S15
0,15	2,14	-0,10	-1,80	-0,51	-0,21	-0,16	0,39	1,54	0,04	0,35	0,58	-0,83	0,19	-1,44	-0,18
0,2	-0,81	0,75	2,50	-0,81	0,65	0,41	-0,81	1,25	0,45	-0,81	0,13	-0,81	-0,81	-0,49	-0,81
0,27	1,37	-0,38	-0,49	1,37	-0,55	-0,82	1,23	0,79	-0,31	1,07	-0,57	-0,59	-1,36	-1,54	0,77
0,3	-2,15	0,31	0,55	0,39	-0,32	-0,45	0,46	2,53	-0,30	0,04	0,46	-0,86	-0,22	-0,83	0,38
0,37	0,62	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	0,17	-0,52	0,06	0,17	-0,52	-0,52	0,36	-0,52	3,31
0,42	0,38	0,03	-0,27	1,59	0,81	1,27	0,26	1,33	-0,53	0,29	-0,30	-0,80	-1,03	-1,07	-1,97
0,5	-1,25	0,32	-0,36	1,75	0,64	-0,34	0,10	1,68	0,17	0,89	0,42	-0,25	-1,25	-1,25	-1,25
0,54	2,90	0,82	-0,05	-0,71	-0,71	-0,06	0,23	1,16	-0,71	-0,71	-0,71	-0,71	-0,14	-0,71	0,07
0,64	3,22	-0,41	-0,41	0,96	0,79	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41	-0,41
0,69	-0,28	-0,12	-0,66	1,53	2,49	0,41	0,01	0,06	-1,00	0,78	-1,00	-0,34	-1,00	-1,00	0,11
0,77	-1,01	-1,01	-0,29	0,46	2,05	0,94	0,91	0,52	-1,01	-1,01	1,05	-1,01	0,50	-0,06	-1,01
0,8	-0,37	1,85	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	2,97	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37	-0,37
0,93	-0,24	0,44	-0,36	1,27	1,01	0,56	0,42	1,33	-0,50	0,56	-1,58	-0,43	-1,58	-1,58	0,68
0,97	-0,32	-0,32	0,65	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	3,50	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32
0,98	-0,77	-0,77	-0,77	1,31	1,14	0,52	1,09	1,34	-0,77	1,55	-0,77	-0,77	-0,77	-0,77	-0,77
0,99	3,61	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26
1	-2,46	-2,46	-2,46	-2,46	-2,46	-2,46	-2,46	-2,46	-2,46	-2,46	-0,55	-2,46	-0,52	-0,43	1,50

ДОДАТОК В

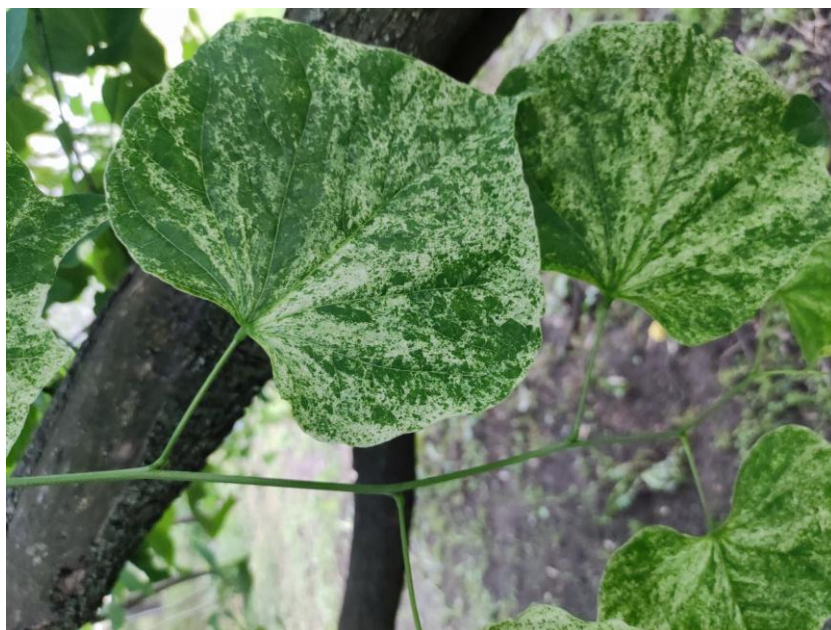
АНАТОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛИСТКІВ *CERCIS CANADENSIS* L.

Рис. В 1. Брунькова мутація, виявлена на дереві під час досліджень

Примітка. *Створено автором

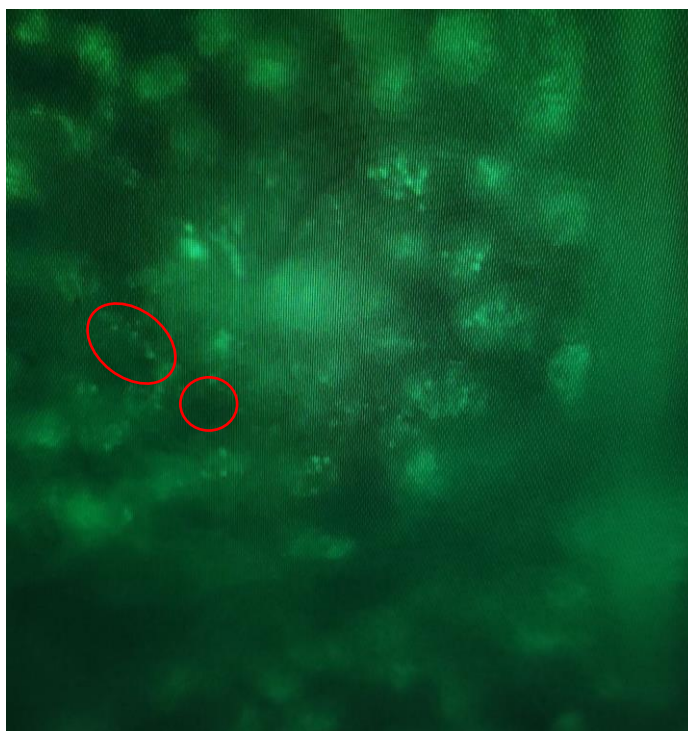


Рис. В 2. Виявлені мікроорганізми в судинах листків *C. canadensis* L.

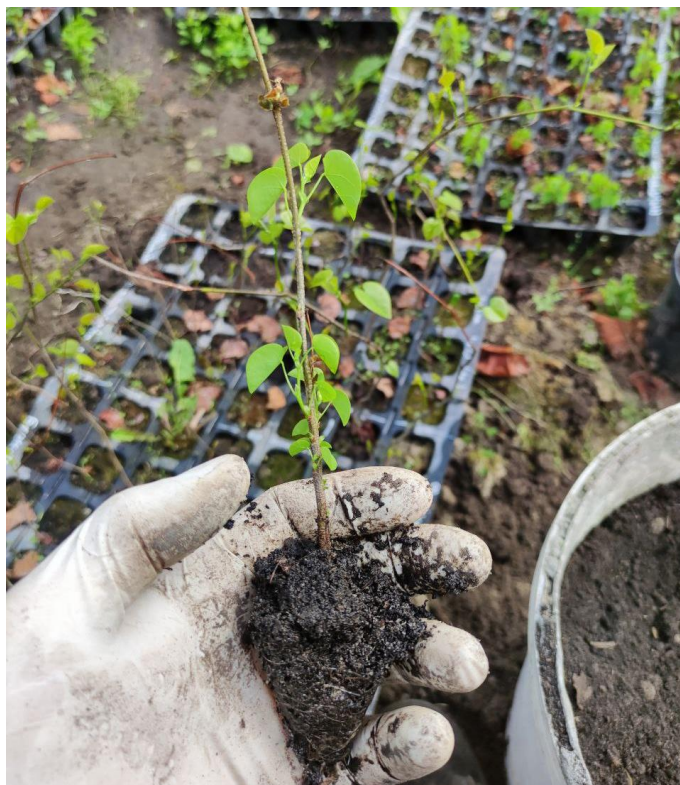
Примітка. *Створено автором

Пошкодження пагонів і бруньок рослин роду *Cercis* L. низькими температурами

№, п/п	Вид	Варіант	Об’єкт проморожування													Сумарний бал			
			верхівка				Середина пагона				Через бруньку								
			Кора	Камбій	Деревина	Серцевина	Кора	Камбій	Деревина	Серцевина	Кора	Камбій	Деревина	Серцевина	Брунька	Верхівка	Середина	Через бруньку	Всього
1	<i>C. canadensis</i> L.	Контр	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5	1,5
		-20	1,0	1,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8	3,3	0,5	0,5	4,3
		-25	1,5	1,5	1,2	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	5,2	2,0	2,0	9,2
2	<i>C. gigantea</i>	Контр	0,5	0,5	0,2	0,6	1,0	1,8	0,5	0,2	0,8	0,5	0,2	0,0	0,5	1,8	3,5	1,5	5,8
		-20	2,5	2,5	2,8	0,5	2,5	3,0	0,5	0,2	2,8	3,0	0,9	0,5	4,0	8,3	6,2	7,2	21,7
		-25	3,5	3,5	3	1,0	3,5	3,5	3,0	1,0	3,5	3,5	3,3	2,5	4,5	11	10	12,8	32,8
3	<i>C. canadensis</i> ‘Carolina sweetheart’	Контр	2,0	2,2	1,0	0,8	2,5	2,5	0,5	1,0	2,5	2,2	1,0	1,2	2,0	6,0	6,5	6,9	19,4
		-20	2,8	2,8	1,2	1,0	2,5	2,5	1,5	1,2	2,5	2,5	2,0	1,5	2,8	7,8	7,7	8,5	23,0
		-25	4,5	4,5	3,0	1,2	3,5	3,5	1,5	1,2	3,5	3,2	2,0	1,5	3,5	13,2	9,7	10,2	33,1
4	<i>C. canadensis</i> ‘Ruby Falls’	Контр	2,5	2,5	0,8	2,5	2,5	2,4	1,0	2,3	2,0	1,8	1,5	1,5	1,2	8,3	8,2	6,8	25,3
		-20	3,0	3,0	1,5	2,5	3,0	3,0	1,5	2,8	3,5	3,5	2,2	2,5	3,8	10,0	10,3	11,7	32,0
		-25	3,5	3,5	1,8	3,5	3,0	3,0	1,5	3,5	3,5	3,2	2,0	3,2	4,0	12,3	11,0	11,9	35,2
5	<i>C. canadensis</i> ‘Vanilla Twist’	Контр	1,8	1,5	1,5	1,7	0,8	0,5	0,5	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,5	3,0	2,0	11,5
		-20	2,2	1,5	1,8	2,2	1,0	1,0	0,8	1,5	1,0	1,0	0,5	1,2	0,5	7,7	4,3	3,7	15,3
		-25	2,5	2,2	1,8	3,5	1,5	1,2	0,8	1,5	1,0	1,0	1,0	2,2	1,0	10,0	5,0	5,2	20,2
6	<i>C. siliquastrum</i> ‘Alba’	Контр	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	1,5	0,4	0,4	2,3
		-20	1,4	1,8	1,0	0,5	1,3	1,3	0,7	0,6	1,8	1,8	2,2	0,5	3,0	4,7	3,9	6,3	13,9
		-25	3,5	3,7	1,5	1,2	2,0	2,2	1,2	0,5	3,0	2,8	2,5	1,0	4,5	9,7	5,9	9,3	24,9

Примітка. *Розроблено автором

ДОДАТОК Г

ГЕНЕРАТИВНЕ РОЗМНОЖЕННЯ РОСЛИН РОДУ *CERCIS* L.Рис. Г 1. Сіянець *Cercis siliquastrum* 'Alba'

Примітка. *Створено автором

Рис. Г 2. Сіянци *Cercis canadensis* L.

Примітка. *Створено автором

ДОДАТОК Д
ПРОВЕДЕННЯ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ
НАПІВЗДЕРЕВ'ЯНИМИ ЖИВЦЯМИ



Рис. Д 1. Висаджені живці *Cercis canadensis* L., 12.07.2022 р.

Примітка. *Створено автором



Рис. Д 2. Живець *Cercis canadensis* L., оброблений стимулятором росту
«Rhizopon 1 %»

Примітка. *Створено автором

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових виданнях,
включених до міжнародних наукометричних баз даних

Web of Science Core Collection та / або Scopus

1. **Babyn, O.**, Pinchuk, A., Derii, A., Boyko, O., & Likhanov, A. (2024). Influence of urban environment factors on morphometric parameters and accumulation of secondary metabolites in *Cercis canadensis* L. and *Cercis siliquastrum* 'Alba'. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 15(1), 8–24. <https://doi.org/10.31548/forest/1.2024.08> (Babyn O. проведено аналіз наукових літературних джерел, виконано експериментальну частину досліджень, проведено виміри морфометричних показників пагонів рослини роду *Cercis* L. та профілювання вторинних метаболітів, сформульовано висновки, Pinchuk A. визначено актуальність теми дослідження, уточнено висновки, Derii A. проведено порівняльний аналіз наявних наукових праць подібних до проведеного дослідження, Boyko O. проведено редагування тексту статті відповідно до вимог видання, Likhanov A. проведена інтерпретація отриманих результатів досліджень, надана лабораторія та місце проведення досліджень, підібрано методики проведення дослідження)
2. **Babyn, O.**, Pinchuk, A., Derii, A., Boyko, O., & Sovakov, O. (2024, October 31). Determination of potential drought and frost resistance on the basis of studies with vegetative parts of plants of the genus *Cercis* L. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1429, 012019. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1429/1/012019> (Babyn O. проведено аналіз наукових літературних джерел, виконано лабораторні дослідження, щодо морозостійкості, шляхом лабораторного проморожування, а також потенційної посухостійкості на основі даних отриманих при проведенні досліджень із визначення жаростійкості, оводненості, вологоутримуючої здатності листових пластинок та вологовіддачі. Зроблено аналізування

отриманих результатів дослідження та подано висновки. Pinchuk A. узагальнено актуальність теми та скориговано кінцеві висновки, розроблено методики дослідження. Derii A. проведено збір вихідного матеріалу на приватному розсаднику та пошук наукових літературних джерел із теми дослідження. Boyko O. виконав форматування тексту та зведення табличних даних відповідно до вимог видання. Sovakov O. виконав фаховий переклад іноземною мовою відповідно до вимог видання.)

**Статті в наукових виданнях,
включених до Переліку наукових фахових видань України**

3. Babyn O. & Pinchuk A. (2025) Особливості генеративного розмноження рослин роду Cercis L. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 21(2). (Babyn O. проведено збір вихідного матеріалу для дослідження із генеративного розмноження, виконано аналіз результатів досліджень,)

Тези наукових доповідей:

4. Бабин, О. Р., & Пінчук, А. П. (2023). Вплив умов місцезростання на розвиток пагонів рослин роду Cercis L. **Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми дослідження лісових та урбоекосистем України в умовах воєнного стану»** (с. 19–20, м. Київ, 23 листопада 2023 р.). https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/zbirnik_tez_2023_fin_1.pdf (Бабин О. Р. Проведено основні дослідження із визначення впливу умов місцезростання на розвиток пагонів, проаналізовано наукові літературні джерела. Пінчук А. П. провів узагальнення актуальності теми досліджень та висновків)

5. Бабин, О. Р. (2024). Дія факторів міського середовища на вторинний метаболізм рослин роду Cercis L. **Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан, проблеми, перспективи та завдання відтворення лісів в умовах антропоцену»** (с. 12–13, м. Київ, 4 квітня 2024 р.). Національний університет біоресурсів і природокористування України.

6. **Бабин, О. Р.,** Пінчук, А. П., & Чорнобров, О. Ю. (2024). Особливості отримання асептичної культури рослин *Cercis L.* в умовах *in vitro*. **Тези доповідей учасників II Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми дослідження лісових та урбоєкосистем України в умовах воєнного стану»**, 20 листопада 2024 року. Київ. (Бабин О. Р. виконав роботи щодо уведення в культуру *in vitro* експлантів дослідних видів, провів облік та аналіз отриманих результатів, спільно із авторами розробив протокол стерилізації та сформулював висновки. Пінчук А. П. узагальнив актуальність теми дослідження та приймав участь в розробці режиму стерилізації. Чорнобров О. Ю. провела коригування висновків дослідження, а також коригувала протокол стерилізації експлантів та розробила методику проведення досліджень)

Бабин, О. Р., Пінчук, А. П., & Чорнобров, О. Ю. (2025). Регенераційна здатність мікропагонів рослин роду *Cercis L.* *in vitro*. **Тези доповідей учасників Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан, проблеми, головні завдання та перспективи відтворення і захисту лісів в умовах зміни клімату»**, з нагоди 90-річчя від дня народження доктора біологічних наук, професора, академіка ЛАН України, член-кореспондента УААН Циліюрика А. В. (4 березня 2025 року, м. Київ). (Бабин О. Р. виконав роботи щодо субкультивування експлантів дослідних видів, провів облік та аналіз отриманих результатів та сформулював висновки. Пінчук А. П. узагальнив актуальність теми дослідження, провів редагування тексту відповідно вимог видання. Чорнобров О. Ю. провела коригування висновків дослідження, а також розробляла методики дослідження і схеми дослідів).