

# **СТІЙКІСТЬ ІНТРОДУКОВАНИХ ТА РІДКІСНИХ РОСЛИН**

**за умов кліматичних змін  
в Україні**

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка

**СТІЙКІСТЬ ІНТРОДУКОВАНИХ  
ТА РІДКІСНИХ РОСЛИН  
ЗА УМОВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН  
В УКРАЇНІ**

**Монографія**

Київ  
Видавництво Ліра-К  
2022

УДК 633/635:631.52, 633-027.31: 601+502.73 (477)

Затверджено до друку Вченою радою  
Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України  
(протокол № 6 від 19 вересня 2022 року)

**Рецензенти:**

**Я.Б. Блюм** – академік НАН України, д.б.н., професор, ДУ “Інститут харчової біотехнології та геноміки”

**О.В. Колесніченко** – д.б.н., професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Л.А. Котюк** – д.б.н., Поліський національний університет

**Відповідальні редактори:**

професор **Рахметов Д.Б.**

чл.-кор. НАН України **Заїменко Н.В.**

**Стійкість інтродукованих та рідкісних рослин за умов кліматичних змін в Україні** : монографія / Д.Б. Рахметов, Н.В. Заїменко, М.Б. Гапоненко та ін. Київ : Видавництво Ліра-К. 2022. 326 с.

Представлено результати багаторічних досліджень, які було проведено зусиллями колективу шести наукових відділів (природної флори, тропічних та субтропічних рослин, культурної флори, акліматизації плодів рослин, квітничково-декоративних рослин, аллопатії) Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України щодо розробки наукових основ підвищення стійкості інтродукованих і рідкісних рослин для упередження негативного впливу кліматичних змін в Україні. Висвітлено результати вивчення механізмів стійкості рідкісних видів рослин до дії екологічних факторів за умов кліматичних змін. Надана оцінка і зроблено прогноз впливу інвазійних видів на функціонування біотичної складової екосистем (на прикладі НБС імені М.М. Гришка НАН України). Наведено результати роботи щодо морфолого-анатомічних та фізіолого-біохімічних основ стійкості рослин тропічних біомів за умов стресу, індукованого в двох експериментальних моделях (*in vivo* та *in vitro*) (на прикладі представників порядку *Asparagales*). Представлено результати досліджень щодо розробки біолого-екологічних, біохімічних та аллопатичних основ адаптації і підвищення стійкості цінних інтродуцентів (представників роду *Crambe* L.) за впливу змін кліматичних умов для збагачення культурфїтоценозів і ефективного використання нових рослинних ресурсів. Висвітлено результати наукових досліджень щодо біолого-екологічних особливостей, біохімічних властивостей, адаптації цінних плодів рослин роду *Asimina* (L.) Dunal., *Chaenomeles* L. та *Prunus* L. для збагачення видового потенціалу, збереження та використання генофонду цінних плодів рослин для органічного садівництва. Наведено результати інтродукційної та селекційної роботи щодо інноваційного підходу формування генофонду квітничково-декоративних рослин (роду *Pulsatilla*, підроду *Limniris* роду *Iris* L., сортів піонів Itoh Group) на основі мобілізації нових стійких для агрокліматичних умов України перспективних екологічно пластичних видів та сортів. Розкрито результати досліджень щодо наукових засад застосування природних кремніємісних біонаноматеріалів для підвищення адаптивного потенціалу та продуктивності агроекосистем за умов кліматичних змін.

Для біологів, інтродукторів, ботаніків, екологів, рослинників, садівників, викладачів, аспірантів і студентів.

УДК 633/635:631.52, 633-027.31: 601+502.73 (477)

ISBN 978-966-02-9496-7

© Національний ботанічний сад  
імені М.М. Гришка НАНУ, 2022

**RESISTANCE OF INTRODUCED  
AND RARE PLANTS UNDER CONDITIONS  
OF CLIMATIC CHANGES  
IN UKRAINE**

Kyiv  
Publishing Lira-K  
2022

UDC 633/635:631.52, 633-027.31: 601+502.73 (477)

*Approved for publication by the Academic Council M.M. Gryshko  
National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine  
(protocol № 6 of September 19, 2022)*

**Reviewers:**

**Y.B. Blume** – academician of the NAS of Ukraine, doctor of biological sciences, professor Institute of Food Biotechnology and Genomics of the NAS of Ukraine

**O.V. Kolesnichenko** – doctor of biological sciences, professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**L.A.Kotyuk** – doctor of biological sciences, Polissia National University

**Editors-in-chief:**

professor **Rakhmetov D.B.**

*corresponding member of the NAS of Ukraine Zaimenko N.V.*

**Resistance of introduced and rare plants under conditions of climatic changes in Ukraine:** monograph / D.B. Rakhmetov, N.V. Zaimenko, M.B. Gaponenko etc. Kyiv: Publishing Lira-K, 2022. 326 p.

The results of long-term research on the development of scientific foundations for increasing the resistance of introduced and rare plants to prevent the negative impact of climate change in Ukraine are presented. The results of the study of the mechanisms of resistance of rare plant species to the action of environmental factors under the conditions of climatic changes are highlighted. An assessment is given and a forecast of the impact of invasive species on the functioning of the biotic component of ecosystems is provided (on the example of the M.M. Gryshko NBG of the National Academy of Sciences of Ukraine). The results of the work on the morphological-anatomical and physiological-biochemical bases of the resistance of plants of tropical biomes under conditions of stress induced in two experimental models (*in vivo* and *in vitro*) are given (using the example of representatives of the Asparagales order).

The results of research on the development of biological-ecological, biochemical and allelopathic bases of adaptation and increasing the stability of valuable introducers (representatives of the genus *Crambe* L.) for the enrichment of cultural phytocenoses are presented.

The results of scientific research on biological and ecological features, biochemical properties, adaptation of valuable fruit plants of the genus *Asimina* (L.) Dunal., *Chaenomeles* L. and *Prunus* L. for organic gardening are highlighted. The results of the introduction and selection work on the formation of the gene pool of flower and ornamental plants (genus *Pulsatilla*, subgenus *Limmiris* of the genus *Iris* L., varieties of peonies of the Itoh Group) are presented.

The results of research on the scientific principles of using natural silicon-containing bionanomaterials to increase the adaptive potential and productivity of agroecosystems are revealed.

For biologists, botanists, ecologists, plant growers, gardeners, teachers, graduate students and students.

**UDC 633/635:631.52, 633-027.31: 601+502.73 (477)**

**ISBN 978-966-02-9496-7**

© M.M. Gryshko National Botanical Garden  
of the NAS of Ukraine, 2022

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>НАУКОВІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНТРОДУКОВАНИХ І РІДКІСНИХ РОСЛИН ЗА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В УКРАЇНІ</b> (Рахметов Д.Б.) .....	9
<b>РОЗДІЛ 1. ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СТІЙКОСТІ РІДКІСНИХ ВИДІВ РОСЛИН ДО ДІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ЗА УМОВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ЕКОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ НБС ІМЕНІ М.М. ГРИШКА НАН УКРАЇНИ</b> (Гапоненко М.Б., Мельник В.І., Гнатюк А.М., Баранський О.Р., Шиндер О.І., Лоя В.В.).....	26
1.1. Огляд літератури .....	27
1.2. Вивчення механізмів стійкості рідкісних видів рослин до дії екологічних факторів за умов кліматичних змін.....	30
1.3. Регресивна динаміка ареалів деяких рідкісних видів змін клімату та антропогенної трансформації умов середовища .....	41
1.4. Оцінка і прогнозування впливу інвазійних видів на функціонування біотичної складової екосистем на прикладі НБС імені М.М. Гришка НАН України.....	49
<b>РОЗДІЛ 2. МОРФОЛОГО-АНАТОМІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ТРОПІЧНИХ БІОМІВ ЗА УМОВ СТРЕСУ, ІНДУКОВАНОГО В ДВОХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МОДЕЛЯХ – <i>IN VIVO</i> ТА <i>IN VITRO</i> (НА ПРИКЛАДІ ПРЕДСТАВНИКІВ ПОРЯДКУ <i>ASPARAGALES</i>)</b> (Буюн Л.І., Іванніков Р.В., Ковальська Л.А., Гиренко О.Г., Іваннікова Н.С., Красненкова І.Л., Маринюк М.М., Гурненко І.В.).....	55
2.1. Підродина <i>Cyripedioideae</i> Lindl.: особливості біології, аналіз методик отримання та введення в культуру стерильних тканин (Огляд літератури).....	58
2.2. Методологічні основи введення рослин <i>Sansevieria</i> Thunb. у стерильну культуру. Умови, методи та об'єкти .....	61
2.3. Порівняльно-анатомічні дослідження будови вегетативних органів представників підроддини <i>Cyripedioideae</i> Lindl. ....	68
2.4. Морфогенез сіянців <i>Paphiopedilum</i> та <i>Cyripedium</i> <i>in vitro</i> . Порівняльні аспекти.....	72
2.5. Анатомічна будова листової пластинки <i>Coelogyne viscosa</i> Lindl. ( <i>Orchidaceae</i> ): виявлення біологічних ознак-маркерів, що можуть бути використані для оцінки впливу абіотичного стресу (зокрема, водного) .....	77
2.6. Дослідження вмісту про-антиоксидантів (СОД, МДА) у листках ювенільних рослин трьох видів тропічних орхідних – <i>Calanthe cardioglossa</i> Schltr., <i>Guarianthe bowringiana</i> (O'Brien) Dressler & W.E. Higgins та <i>Paphiopedilum appletonianum</i> Rolfe з метою пошуку маркерів ранньої діагностики стресу за низькотемпературної адаптації .....	83
<b>РОЗДІЛ 3. БІОЛОГО- ЕКОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ АДАПТАЦІЇ ЦІННИХ ІНТРОДУЦЕНТІВ ЗА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗІВ І ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ РОСЛИННИХ РЕСУРСІВ</b> (Рахметов Д.Б., Вергун О.М., Левчик Н.Я., Бондарчук О. П., Дзюба О.І., Рахметова С.О., Шиманська О.В., Фіщенко В. В., Любінська А. В.) .....	88

3.1. Перспективи інтродукції та адаптації рослин видів роду <i>Crambe</i> L.....	88
3.2. Умови, об'єкти та методи дослідження .....	98
3.3. Біолого-морфологічні та анатомічні особливості рослин видів роду <i>Crambe</i> L. за інтродукції в Правобережному Лісостепу України .....	102
3.4. Біохімічні особливості рослин видів роду <i>Crambe</i> в умовах інтродукції.....	120
3.5. Біотехнологічні та алелопатичні особливості інтродукції рослин видів роду <i>Crambe</i> .....	143

#### **РОЗДІЛ 4. ЗБАГАЧЕННЯ ВИДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНОФОНДУ ЦІННИХ ПЛОДОВИХ РОСЛИН ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО САДІВНИЦТВА**

(Клименко С.В., Григор'єва О.В., Левон В.Ф., Голубкова І.М.) .....	154
4.1. Умови, об'єкти та методи проведення досліджень .....	154
4.2. Біолого-екологічні особливості, адаптація, біохімічні властивості рослин видів <i>Asimina triloba</i> (L.) Dunal., <i>Chaenomeles</i> spp. ( <i>Ch. japonica</i> , <i>Ch. speciosa</i> , <i>Ch. superba</i> , <i>Ch. cathayensis</i> ), <i>Prunus spinosa</i> L. ....	156

#### **РОЗДІЛ 5. ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ГЕНОФОНДУ КВІТНИКОВО-ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН НА ОСНОВІ МОБІЛІЗАЦІЇ НОВИХ ДЛЯ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНО ПЛАСТИЧНИХ ВИДІВ ТА СОРТІВ**

(Щербаківа Т.О., Горобець В.Ф., Буйдін Ю.В., Перебойчук О.П.).....	205
5.1. Огляд літератури .....	206
5.2. Умови, методи та об'єкти.....	209
5.3. Інтродукція та створення генофонду рослин видів роду <i>Pulsatilla</i> стійких до прогнозованих агрокліматичних змін.....	210
5.4. Збереження, поповнення генофонду та інвентаризація колекції, вивчення інтродукційного потенціалу представників підроду <i>Limniris</i> роду <i>Iris</i> L .....	215
5.5. Створення генофонду сортів півоній групи ІТО (Itoh Group) та встановлення особливостей їх росту та розвитку в умовах інтродукції.....	220

#### **РОЗДІЛ 6. НАУКОВІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИРОДНИХ КРЕМНІЄВІСНИХ БІОНАНОМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АГРОЕКОСИСТЕМ ЗА УМОВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН (Заїменко Н.В., Дідик Н.П., Іваницька Б.О.).....**

6.1. Наукові засади застосування природних кремнієвісних біонаноматеріалів .....	229
6.2. Матеріали та методи .....	232
6.3. Вплив кремнієвісних мінералів на персистентність та адаптогенні властивості алелопатично активних речовин .....	234

<b>ЗАКЛЮЧЕННЯ</b> .....	268
<b>CONCLUSION</b> .....	270

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	272
------------------------	-----

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ АВТОРСЬКОГО КОЛЕКТИВУ ЗА ТЕМОЮ МОНОГРАФІЇ..	300
---	-----

ДОДАТКИ.....	312
--------------	-----

## ВСТУП

---

Представлено результати багаторічних досліджень, які було проведено зусиллями колективу шести наукових відділів (природної флори, тропічних та субтропічних рослин, культурної флори, акліматизації плодівих рослин, квітничково-декоративних рослин, алелопатії) Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України щодо розробки наукових основ підвищення стійкості інтродукованих і рідкісних рослин для упередження негативного впливу кліматичних змін в Україні.

У першому розділі висвітлено результати вивчення механізмів стійкості рідкісних видів рослин до дії екологічних факторів за умов кліматичних змін. Встановлено регресивну динаміку ареалів деяких рідкісних видів в умовах глобальних змін клімату та антропогенної трансформації умов середовища. Надано оцінку і зроблено прогноз впливу інвазійних видів на функціонування біотичної складової екосистем на прикладі НБС імені М.М. Гришка НАН України.

У другому розділі наведено результати роботи щодо морфолого-анатомічних та фізіолого-біохімічних основ стійкості рослин тропічних біомів за умов стресу, індукованого в двох експериментальних моделях (*in vivo* та *in vitro*) (на прикладі представників порядку *Asparagales*). Подано дані щодо підродини *Cypripedioideae* Lindl.: особливості біології, аналіз сучасного стану методик отримання та введення в культуру стерильних тканин. Розкрито методологічні основи введення рослин *Sansevieria* Thunb. у стерильну культуру. Подано результати порівняльно-анатомічних досліджень будови вегетативних органів представників підродини *Cypripedioideae* Lindl. Охарактеризована анатомічна будова листової пластинки *Coelogyne viscosa* Lindl. (*Orchidaceae*). Показано біологічні ознаки-маркери, що можуть бути використані для оцінки впливу абіотичного стресу. Представлено результати досліджень вмісту про-антиоксидантів (СОД, МДА) у листках ювенільних рослин трьох видів тропічних орхідних (*Calanthe cardioglossa* Schltr., *Guarianthe bowringiana* (O'Brien) Dressler & W.E. Higgins та *Paphiopedilum appletonianum* Rolfe) з метою пошуку маркерів ранньої діагностики стресу за низькотемпературної адаптації.

Третій розділ присвячено результатам досліджень біолого-екологічних та біохімічних основ адаптації цінних інтродуцентів за впливу змін кліматичних умов для збагачення культурфітоценозів і ефективного використання нових рослинних ресурсів. Показано перспективи інтродукції та адаптації рослин видів роду *Crambe* L. Наведено дані щодо біолого-морфологічних та анатомічних особливостей рослин *Crambe* за інтродукції в Правобережному Лісостепу України. Представлено оригінальні дані щодо біохімічних особливостей рослин в умовах інтродукції. Показано результати досліджень біотехнологічних та алелопатичних особливостей інтродукції рослин роду *Crambe*.



У четвертому розділі висвітлено результати наукових досліджень щодо збагачення видового потенціалу, збереження та використання генофонду цінних плодових рослин для органічного садівництва. Охарактеризовано умови, об'єкти та методи проведення досліджень. Наведено оригінальні дані про біолого-екологічні особливості, адаптацію, біохімічні властивості цінних плодових рослин – *Asimina triloba* (L.) Dunal., *Chaenomeles* spp. (*Ch. japonica*, *Ch. speciosa*, *Ch. superba*, *Ch. cathayensis*), *Prunus spinosa* L.

П'ятий розділ присвячено результатам роботи щодо інноваційного підходу формування генофонду квітниково-декоративних рослин на основі мобілізації нових для агрокліматичних умов України перспективних екологічно пластичних видів та сортів. Висвітлено результати роботи з інтродукції та створення генофонду рослин видів роду *Pulsatilla*, стійких до прогнозованих агрокліматичних змін. Подано інформацію щодо особливостей збереження, поповнення генофонду та інвентаризацію колекції, вивчення інтродукційного потенціалу представників підроду *Limniris* роду *Iris* L. Наведено дані щодо створення генофонду сортів півоній групи ІТО (Itoh Group) та встановлення особливостей їх росту та розвитку в умовах інтродукції.

У шостому розділі розкрито результати досліджень щодо наукових засад застосування природних кремнієвмісних біонаноматеріалів для підвищення продуктивності та адаптивного потенціалу агроєкосистем за умов кліматичних змін. Показано вплив кремнієвмісних мінералів на персистентність та адаптогенні властивості аллопатично активних речовин.

У кінці рукопису наводяться підсумки багаторічної наукової роботи щодо підвищення стійкості інтродукованих та рідкісних рослин за негативного впливу змін кліматичних умов в Україні та перелік посилань. У додатках представлено оригінальні рисунки, табличний матеріал та список публікацій авторського колективу за розглянутою темою.

## НАУКОВІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНТРОДУКОВАНИХ І РІДКІСНИХ РОСЛИН ЗА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В УКРАЇНІ

---

Сталий розвиток людської цивілізації можливо за вирішення низки найнеобхідніших глобальних задач. Серед важливих проблем сучасності на передній план виходять: зміна клімату (відповідно опустелювання або похолодання); екологічна безпека та охорона навколишнього середовища; збереження фіторізноманіття (природної та культурної флори); раціональне використання ресурсів природи та відтворення біорізноманіття; продовольча безпека, забезпечення людства продуктами харчування, енергетичними, лікарськими засобами, тваринництво – збалансованими кормами; розробка ефективних методів подолання наслідків коронавірусної інфекції (COVID-19).

До цих проблем в Україні додався воєнний конфлікт, який розв'язала Росія. Це призвело до суттєвого ускладнення усіх проблем геополітичного, екологічного, економічного, продовольчого, соціального, енергетичного, гуманітарного тощо спрямування.

Вирішення цих проблем можливо лише за розробки комплексної науково обґрунтованої стратегії розвитку та гармонійної дії і взаємодії всіх складових біоекосистеми. 12 грудня 2015 р. делегати 195 держав прийняли Паризьку угоду – історичний документ, який дає можливість боротися зі зміною клімату. Планується досягти універсального і обов'язкового рішення для виконання угоди, що дозволяє ефективно діяти за зміни клімату і прискорити перехід до суспільства й економіки з низьким споживанням вуглецевої енергії. Поряд із зниженням викидів парникових газів передбачається розвиток національних економік і адаптація умов життя людей до кліматичних змін. До важливих завдань також відноситься перехід на нові екологічно безпечні види енергії та пошук шляхів вирішення проблем, пов'язаних із станом довкілля. Поряд з Паризькою угодою на Кліматичному саміті у Глазго COP26 (жовтень–листопад, 2021) було підтримано те, що важливим для людства є розробка заходів спрямованих на зменшення негативного впливу кліматичних змін, поряд з іншими, на біосистеми (Паризька кліматична .., 2015; Кліматичний .., 2021).

Сьогодні відомо, що 82 відсотки ключових екологічних процесів, включаючи генетичну різноманітність і моделі міграції, змінюються глобальним потеплінням (Dudgeo, 2021).

Зміна клімату з його зростаючими наслідками перетворюється на серйозну екологічну проблему в наш час, оскільки становить значну загрозу для екосистем, водних ресурсів, продовольчої безпеки та загальної економічної стабільності. До 2100 року прогнозовано підвищення температури в межах від 0,3 до 4,8 %. Зміна клімату, що спостерігається протягом останніх 50 років, насамперед пов'язана з неослабними викидами

радіаційних газів. Прогнози зміни клімату при різних сценаріях викидів, ймовірно, збільшиться концентрація  $\text{CO}_2$ , що буде пов'язано з підвищенням температури та зміною характеру опадів і, вірогідно, посиляться водний стрес рослин на додаток до загрози збільшення кількості шкідників та хвороб, і може тим самим створювати проблеми адаптації та продуктивності рослин (Ahad, Reshi, 2015).

Кліматичні зміни пояснюються збільшенням антропогенних викидів парникових газів з доіндустріального періоду через інтенсифікацію сільськогосподарської та промислової діяльності, спалювання викопних видів палива та змін у землекористуванні. Хімічний аналіз льоду та осадових порід показує, що концентрації вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), метану ( $\text{CH}_4$ ) та інших в атмосфері зросли до рівнів, що є безпрецедентними щонайменше за останні 800 000 років (Effects of climate..., 2020).

Зміна клімату, як і раніше, створює проблеми для життя та забезпечення засобами для існування по всьому світу (Altizer et al., 2013). Спостережені зміни включають збільшення глобальних температур над сушею і океаном, втрату крижаних щитів і снігового покриву, підвищення рівня моря, посилення закислення океану, частіші екстремуми тепла, більш варіабельний характер розподілу опадів і почастишення випадання рясних опадів і посух (рис. 1).

Глобальний індекс температури суші та океанів

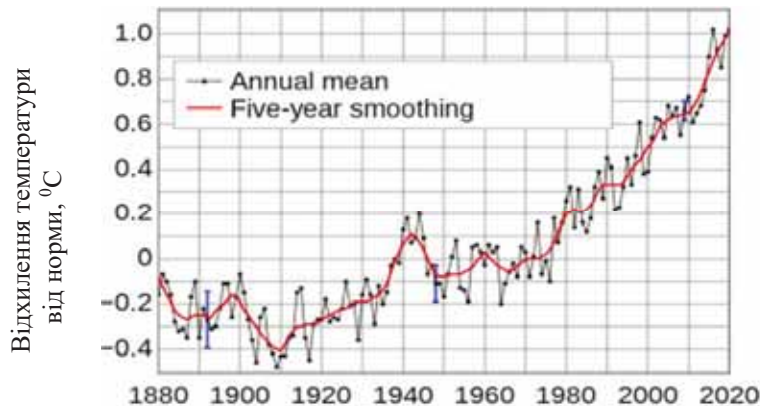


Рис. 1. Зміни глобальної середньої температури над сушею та океаном за період 1880-2015 рр., відносно середньої температури за 1951–1980 рр. Чорною лінію позначено середня річна та червоною – ковзаюча середня за 5 років (GISS..., 2020).

З'являється дедалі більше доказів того, що з 1850 року були як спекотні, так і прохолодні літні сезони, але найбільш спекотні – 23 із 24 – зареєстровані впродовж останніх 40 років (IPCC, 2018) (рис. 2).



Рис. 2. Очікуваний ріст глобальної температури (IPCC, 2018)

З Програми ООН щодо навколишнього середовища відомо, що дійсно, посуха та інші зміни у природі траплялись впродовж всієї історії. Вважається, що окремі цивілізації, наприклад в Перу, у Месопотамії, у стародавньому світі, зникли саме через зміну клімату, зокрема через посуху. Отже, попри те, що, як відомо, це не нове явище, очевидним, без сумніву, є той факт, що динаміка кліматичних змін прискорюється і цей процес відбувається швидше.

За сотні років, навіть за тисячоліття, рослини та тварини адаптувалися до відносно стабільних кліматичних умов. Якщо показник середньої температури підвищиться навіть на пів градуса Цельсія за 100 років, що з перспективи еволюції є просто миттю, багато видів можуть не вчасно адаптуватися.

Дослідники з університету Fort Lewis College у штаті Колорадо (США), розглянули описи гербаріїв, що охоплюють період 122 років, та виявили зміни середніх термінів квітання на 4–5 днів. Середні показники зміни в квітванні рослин, що зростають на нижчих висотах, виявилися свідченнями про квітання на 15 днів раніше ніж у 90-х роках XIX століття, в той час як рослини, що зростають на великих висотах, демонструють різницю лише в 3 доби. Ці зміни мають наслідки для комах, птахів та інших тварин, які так чи інакше залежать від рослин.

Багато рослин потребують комах для запилення, але квітнуть занадто рано, кількість запилювачів може бути недостатнім для репродукції рослин. Більш раннє квітання може порушити синхронізацію рослин та їх запилювачів. А якщо комахи у свою чергу починають раніше розвиток, це вплине на перелітних птахів, для яких вони зазвичай є джерелом їжі. (Изменение климата ..., 2018).

На тісний зв'язок початку та тривалості таких фенологічних фаз, як розпускання бруньок та квітання з температурою повітря вказують

багато дослідників. Вважається, що реакція різних рослин на більш раннє настання весни може відрізнятися залежно від типу періоду їх спокою і погоди в зимовий сезон.

Ряд авторів вважають, що початок активної вегетації рослин залежить не стільки від денних, скільки від нічних температур повітря, швидкості прогрівання та вологості ґрунту навесні. У Японії та Південній Кореї початок квітання кісточкових рослин залежить від зимової температури січня та весняних температур березня та квітня. Наприклад, якщо температура березня збільшується на 1°C, то квітання починається на 3–4 доби раніше.

Встановлено, що в Англії за підвищення ранньою весною температури повітря на 1°C поява перших листків на дубі спостерігається на 6 дів раніше порівняно з нормою (Соколов, 2010).

Відомо, що більшість видів рослин не може природно змінювати свій ареал досить швидко, щоб не відставати від швидкості зміни клімату. Подальша зміна клімату також може становити загрозу для продовольчої безпеки через вплив на продовольчі культури та корми для тварин рослинного походження. Також постраждають загальносвітлове виробництво продовольчих і технічних культур, захист рослин та біозахист рослин, які включають усі стратегії оцінки ризиків, що представляють інфекційні хвороби, карантинні регульовані шкідливі організми, інвазивні чужорідні види, живі модифіковані організми в природних та керованих екосистемах, та управління цими ризиками (Gregory et al., 2009; Stack et al., 2013).

Дані про усунення термінів настання фенологічних фаз у рослин продовжують залишатися одним з основних видів інформації про реакцію біоти на зміни клімату. В останній період з'явилися узагальнюючі статті, що аналізують фенологічні зміни на регіональному та глобальному рівнях (Jeong et al., 2011; Pau et al., 2011).

Так, за результатами супутникових спостережень за 1982–2008 роки у північній півкулі відзначається усунення більш ранні терміни початку вегетаційного сезону і більш пізні – закінчення (і загалом, відповідно, збільшення його тривалості). Однак швидкість змін за періоди 1982–1999 та 2000–2008 років значно відрізняється. Якщо за ранній період усунення термінів початку становило 5,2 дів, то за пізній – 0,2 дів. Відповідно закінчення сезону вегетації за ранній період змістилося на 4,3 дів, за пізній – на 2,3 (Jeong et al., 2011).

Згідно з документом Міжурядової групи експертів (IPCC) щодо наслідків кліматичних змін, відзначається що, якщо людство хоче вижити і процвітати, повинні використовувати енергоефективні технології для зниження попиту на енергію, застраховувати свої активи, а також вирощувати різноманітні сільськогосподарські рослини і створювати системи раннього попередження (Iturbide et al., 2020).

Країнам необхідно буде розробити досконаліші вологозберігаючі технології, а також вирощувати культури, здатні протистояти до високих температур: це може підвищити врожайність до 15 %. З підвищенням

температури тварини, рослини та інші види почнуть рухатися в напрямку більш високих місць або ж до полюсів. До 2050 року на 25 % скоротиться врожайність кукурудзи, рису і пшениці. Після 2050 року наслідки будуть ще значнішими.

Як вже було відзначено, найбільша невизначеність щодо наслідків кліматичних змін полягає не в тому, що буде з кліматом, а в тому, що стане з суспільством.

Експерти із зміни клімату опублікували карту, яка показує ступінь готовності держави вирішити проблеми, пов'язані з наслідками зміни клімату. Карта була створена в “Есо-Experts”, і вони використовували дані з Університету Нотр-Дам в Сполучених Штатах, відомо як “Індекс ND-Gain”.

Результати аналізу показали, що скандинавські країни та Велика Британія мають найбільші шанси на успіх захисту своїх громадян, тоді як Африка на південь від Сахари відчує найгірші наслідки глобального потепління. Європа, як правило, добре готова до майбутніх проблем, але Балканські країни, Румунія, Молдова, Грузія та Україна знаходяться у зоні ризику.

Після Паризької угоди по клімату (грудень, 2015) 15 листопада 2017 року відбулася друга велика конференція в Бонні, яка була присвячена проблемам, пов'язаних з кліматичними змінами.

Виступаючи на конференції по клімату Генеральний секретар ООН Антоніо Гутерріш відзначив про необхідність скорочення викидів, адаптацію, фінансування, партнерство та підтримку політичних сил, які є основними аспектами глобальної боротьби з зміною клімату.

*Заходи щодо зменшення негативного впливу кліматичних змін.* Кліматична інженерія або геоінженерія – це комплекс заходів з управління сонячним випромінюванням і видалення парникових газів з атмосфери. На думку експертів, які брали участь у конференції ООН з клімату в Бонні, геоінженерія може бути доповненням до заходів зі скорочення шкідливих викидів у атмосферу, але не замінить їх.

Вчені розглядають різні варіанти впливу на атмосферу. Деякі з них існують давно, наприклад, озеленення. У числі інших – обробка певними мінералами поверхні океанів з метою стимуляції зростання водоростей, які очищають повітря від вуглекислого газу.

На думку фахівців, зниження обсягів шкідливих викидів в атмосферу в будь-якому випадку повинно залишатися пріоритетним напрямом боротьби зі зміною клімату.

Відповідно до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату необхідно розглядати важливі терміни та поняття.

“Зміна клімату” означає зміну клімату, яке прямо або побічно обумовлено діяльністю людини, що викликає зміни в складі глобальної атмосфери і накладається на природні коливання клімату, що спостерігаються протягом порівняльних періодів часу.

“Несприятливі наслідки зміни клімату” означають зміни у фізичному середовищі або біоті, які викликаються зміною клімату, які здійснюють

значний негативний вплив на склад, відновну здатність або продуктивність природних і регульованих систем, або на функціонування соціально-економічних систем, або на здоров'я і благополуччя людини.

“Кліматична система” означає сукупність атмосфери, гідросфери, біосфери і геосфери і їх взаємодію.

“Викиди” означають емісію парникових газів в атмосферу над конкретним районом і за конкретний період часу.

“Парникові гази” означають такі газоподібні складові атмосфери – як природного, так і антропогенного походження, – які поглинають і перевипромінюють інфрачервоне випромінювання.

“Накопичувач” означає компонент або компоненти кліматичної системи, в яких відбувається накопичення парникового газу.

В умовах кліматичних змін, поряд з іншими складовими біоекосистеми, адаптація рослин до нових умов має важливе значення. Процес адаптації рослин до несприятливих факторів здійснюється одночасно на багатьох рівнях регуляції – від окремої клітини до фітоценозу. Чим вище рівень організації (клітина, організм, популяція), тим більша кількість механізмів одночасно бере участь в адаптації рослин до дії несприятливих чинників (Трофимова, 2011; Рахметов, 2021).

Відомо такі види адаптації:

- превентивна адаптація – адаптація, яка має місце до того, як проявляться наслідки зміни клімату;
- автономна адаптація – адаптація, яка не представляє собою свідому реакцію на кліматичні стимули, а викликається екологічними змінами в природних системах і змінами в діяльності ринків;
- планована адаптація – адаптація, яка є результатом продуманого рішення про дії, заснованого на усвідомленні того факту, що кліматичні умови змінилися і що необхідно зробити певні дії для повернення до початкового або іншого бажаного стану;
- особиста адаптація – адаптація, яка ініціюється і здійснюється окремими людьми, домашніми господарствами або бізнесом. Особиста адаптація здійснюється, як правило, в особистих практичних інтересах;
- громадська адаптація – адаптація, яка ініціюється і здійснюється урядовими органами на всіх рівнях. Громадська адаптація спрямована, як правило, на задоволення суспільних потреб;
- відповідна адаптація – адаптація, яка здійснюється після того, як були виявлені наслідки зміни клімату.

Адаптація – це розвиток будь-якої ознаки, яка сприяє виживанню виду і його розмноженню. У процесі своєї життєдіяльності рослини адаптуються до забруднення атмосфери, засолення ґрунту, різних біотичних і кліматичних факторів і т. д. Усі рослини постійно адаптуються до навколишнього середовища. Щоб зрозуміти, як це відбувається, необхідно розглядати не тільки рослини в цілому, а й генетичну основу адаптації.

Адаптація – це генетично детермінований процес формування захисних систем рослин, які забезпечують підвищення стійкості і протікання онтогенезу в несприятливих для нього умовах.

Адаптація є одним з найважливіших механізмів, який підвищує стійкість біологічної системи, в тому числі рослинного організму, в умовах існування. Чим краще організм адаптований до впливу якогось фактору, тим він стійкіший до його коливань.

Стійкість рослин – здатність рослин протистояти впливу екстремальних факторів середовища (грунтової і повітряної посухи, засолення ґрунтів, низьких температур тощо). Це комплекс захисних бар'єрів, що виникають у рослин у відповідь на зміни умов навколишнього середовища. Ця властивість надбана в процесі еволюції і генетично закріплювалася.

Під стійкістю рослин розуміють їх здатність залишатися здоровими при дії стрес-факторів зовнішнього середовища – біотичних (шкідливі організми) і абіотичних (вологість, температура, мінеральні речовини тощо), не змінюючи свою продуктивність. В основі стійкості лежать процеси обміну речовин і саморегуляції переважно за допомогою метаболітів. Розрізняються два типи стійкості – неспецифічна і специфічна, які пов'язані один з одним і поєднуються при створенні стійких форм та сортів рослин.

Рослини під час вегетації зазнають різні біотичні та абіотичні стреси, які впливають на продукційний процес. Стрес – це реакція рослин на дію несприятливого чинника шляхом мобілізації та формування захисних систем. Фітострес за П.О. Генкелем означає реакцію організму на несприятливі умови існування. Виділяють декілька фаз стресової реакції. Якщо вплив стресових факторів не сягає порогових значень, починаються процеси, які підвищують стійкість організму. Це фаза адаптації. Після припинення дії стресового фактору настає фаза відновлення функцій організму. У летальному діапазоні вплив стресового фактора призводить до пошкодження і загибелі організму (Генкель, 1978).

Стрес можна визначити як зовнішні та внутрішні обмеження, що знижують швидкість проходження процесу фотосинтезу та уповільнюють здатність рослини перетворювати енергію сонця на біомасу. Рослина реагує на стрес по-різному, деякі з них включають варіації експресії генів, клітинного метаболізму, зміна темпів росту і розвитку та формування урожаю тощо. Стрес рослин є результатом їх реакції на умови навколишнього середовища, що змінилися. Проте вплив того чи іншого стресу у стійких видів рослин призводить до розвитку з часом адаптації до відповідних стресових чинників (Fahad et al., 2017; Gimenez et al., 2018).

Підвищення температури в усьому світі стало серйозною проблемою, що впливає не тільки на розвиток рослин, а й на їх продуктивність. Тепловий стрес став головним чинником, що негативно впливає на продуктивність сільськогосподарських культур. Під час теплового стресу, знижується швидкість проростання насіння, ефективність фотосинтезу та врожайність рослин (Liliane et al., 2020).



У даний час клімат змінився по всьому світу через постійне підвищення температури та вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері. Розподіл опадів нерівномірний через зміну клімату, який є основним стресовим чинником – посухою. Через екстремальні посушливі умови кількість ґрунтової води, доступної для рослин, неухильно зменшується, що призводить до передчасної загибелі рослин. Посушливі умови спричиняють уповільненню росту пагонів, і навіть метаболічних процесів у рослин (Gull et al., 2019).

Розуміння того, як рослини протистоять стресу, і складних механізмів, за рахунок чого відбувається процес адаптації та подальше пристосування до негативних чинників навколишнього середовища є одним із потужніших інструментів сучасного рослинництва. Міждисциплінарні дослідження показують, що знання про те, як рослини сприймають, трансдукують і реагують на абіотичні стреси є значущим способом конструювання нових культур з певними властивостями. За таких умов на фізіологічному рівні відбувається певні зміни, що призводить до адаптації рослин до дії різних стресфакторів. Таким чином, за впливу негативних факторів важливим є розуміння основних етапів акліматизації, за яких рослинний організм сприймає стрес, передає сигнали та адаптується або гине. Крім іншого, за впливу абіотичних стресів на рослини важливе значення має розуміння біохімічних, фізіологічних, генетичних та морфолого-анатомічних механізмів відповіді рослинного організму під час адаптації. Знання реакції рослин на численні стреси за використання сучасних молекулярно-біологічних, генно-інженерних та селекційно-генетичних методів дозволить створювати високопродуктивні адаптивні до стрес чинників форми та сорти рослин з відповідними якісними та кількісними характеристиками (Melo et al., 2022, Інтродукція..., 2021, Рахметов, Рахметова, 2021)

У зв'язку з цим перед вітчизняною науковою спільнотою гостро постає питання визначення методів управління, які забезпечать стійкість та високу продуктивність сільськогосподарських та природних екосистем до впливу сучасних змін умов середовища.

Оскільки рослини є важливим фактором існування людини, тому рослинні ресурси розглядаються як національне багатство, що потребує збереження, охорони і раціонального використання в умовах глобальних кліматичних змін.

Розвиток виробництва і зростання масштабів господарської діяльності, в ході яких людина використовує дедалі більшу кількість природних ресурсів, зумовлюють тотальне посилення антропогенного тиску на довкілля та порушення рівноваги в навколишньому природному середовищі. А це, в свою чергу, призводить до загострення соціально-економічних проблем. Одночасно з вичерпанням запасів невідновлюваних сировинних та енергетичних ресурсів посилюється забруднення довкілля, особливо водних ресурсів та атмосферного повітря, зменшуються площі лісів і родючих земель, зникають окремі види рослин, тварин тощо. Все це зрештою підриває природно-ресурсний потенціал суспільного виробництва і негативно позначається на здоров'ї людини.

У зв'язку з цим збереження рослинного різноманіття і раціональне використання та відтворення природних ресурсів стає однією з найбільш актуальних проблем людства. Поряд з глобальним, проблема охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування має яскраво виражений регіональний характер та відіграє особливу роль в інтенсифікації виробництва на основі прискорення науково-технічного прогресу.

У зв'язку зі змінами, які відбуваються у навколишньому середовищі, серйозним викликом перед людством стало забезпечення продовольчої, енергетичної безпеки і попередження інших наслідків глобальних проблем. Тому інтродукція і селекція рослин, поряд з іншими, стали одним із визначальних факторів вирішення окремих ключових питань зазначеної проблематики (Рахметов, 2011; Інтродукція..., 2020).

Інтродукція рослин – один із найважливіших наукових напрямів роботи ботанічних садів, результатом якого є суттєві зміни рослинного різноманіття культурфітоценозів України. Інтродукція рослин є важливим засобом мобілізації нових рослинних ресурсів та збереження фіторізноманіття. Рослинне багатство світу реалізується на 10–15 %. З близько 400 тисяч видів рослин світової флори до селекційного процесу в Україні включено близько 500 видів, а в широку селекційну практику 25–30 культур, які забезпечують 90 % усієї рослинницької продукції (Рахметов, 2011; Рахметов, 2021).

Екологічний підхід в інтродукційних дослідженнях вимагає вивчення сукупності різних умов та впливу факторів, що діють на організм рослин у нових природних умовах чи в культурі. Інтродукція рослин є пріоритетним засобом екологічної оптимізації культурфітоценозів.

Завдяки інтродукції нових, нетрадиційних та малопоширених рослин, останні декілька десятиріч здійснювалась значна еволюція рослинних угруповань в агрофітоценозах. Збільшилось видове та сортове різноманіття культурфітоценозів. Відбулася еволюція рослинних угруповань за рахунок формування нових типів угруповань.

До пріоритетних напрямів діяльності Національного ботанічного саду (НБС) імені М.М. Гришка належать дослідження зі збереження, збагачення та охорони червонокнижних видів. Для цього створені та поповнюються колекції рідкісних і зникаючих рослин, що забезпечує збагачення генофонду та є першоджерелом для різнопланових наукових досліджень (Гапоненко та ін., 2021).

Важливою складовою системи комплексної охорони біорізноманіття світової флори *ex situ* є створення колекцій живих рослин як джерела матеріалу для дослідження різноманітних аспектів біології, розмноження, отримання матеріалу для збереження в банках гермплазми (насіння, вегетативні пропагули) та організації різноманітних природоохоронних та загальноосвітніх програм. Одним із завдань, визначених Global Strategy for Plant Conservation (GSPC) (2002), є збереження 60 % рослин, що перебувають під загрозою зникнення, в колекціях *ex situ*. В історії науки відомі непоодинокі випадки, коли рослини з ботанічних колекцій з

відкритого та захищеного ґрунту дали змогу зберегти вид рослин від повного вимирання.

Ефективна охорона тропічних рослин в ідеалі повинна базуватись на “екосистемних засадах”, які передбачають охорону їхніх природних оселищ разом з іншими організмами, асоційованими з рослинами упродовж життєвого циклу (запилювачі, мікоризоутворюючі гриби). Разом з тим, таких охоронних заходів, як правило, недостатньо для того, щоб попередити фрагментацію популяцій та зникнення багатьох видів світової флори *in situ*. Тому як альтернативний варіант системи заходів зі збереження біорізноманіття тропічних рослин, насамперед рідкісних та зникаючих, поряд з організацією охоронних заходів *in situ*, можна розглядати і охорону цих рослин *ex situ* (Буюн та ін., 2021).

До числа пріоритетних груп, що потребують розробки охоронних заходів як *in situ*, так і *ex situ*, належить багато груп порядку *Asparagales* – ключової групи однодольних, зокрема рід *Sansevieria* (*Asparagaceae*).

Рід *Sansevieria* нараховує близько 60 видів, розповсюджених в тропічних та субтропічних регіонах Старого Світу (Staples, Herbst 2005; Mabberley, 2008). Центром різноманіття роду є Африка (Morgenstern, 1979; Mabberley, 2008), деякі види поширені на Аравійському півострові, Південній Азії, Південно-Східній Азії (Morgenstern, 1979; Carlquist, Schneider, 2007). Рослини – здебільшого багаторічні трав’янисті ксерофіти (Staples, Herbst, 2005). У деяких частинах світу види сансевієрії натуралізувались і навіть мають статус інвазійних (*S. hyacinthoides*).

Головним чинником, який визначив доцільність та можливість виконання запропонованої роботи є те, що в НБС створені унікальні колекції тропічних рослин, вони створювались на основі так званого “географічного” принципу комплектування колекцій (походять із Південно-Східної Азії та були зібрані *in situ*).

На основі “географічного принципу” створені колекції багатьох провідних ботанічних садів світу: Міссурійського (інтродукція ароїдних із Південної Америки), Мюнхенського (колекція південноамериканських орхідних).

Відомо, що стійкість біосистем зростає із збільшенням їхньої складності і різноманітності. Виходячи з цього, необхідно відзначити, що стійкість як природних, так і культурфітоценозів значною мірою визначається видовим різноманіттям.

Жорсткі умови посухи, зимівлі, несприятливі умови в період активної вегетації рослин з ранньої весни до пізньої осені унеможливають ефективне функціонування рослинних організмів в природних і культурних ценозах. Забезпечення нормального росту, розвитку рослин та стабільної продуктивності з кожним роком стає більш проблемним.

У той же час, досвід світової практики свідчить про можливість отримання високих та стабільних врожаїв у більш жорстких кліматичних умовах. У цьому плані важлива роль належить інтродукції, акліматизації та селекції рослин. Визначальним при цьому є набір культур з високою адаптивною здатністю, широкою екологічною пластичністю,

толерантністю. З огляду на це, важливого значення набуває вивчення інтродукційних ресурсів та мобілізація видів з високою стійкістю до посухи, холоду, морозу та інших кліматичних чинників.

До перспективних рослин інтродуцентів з поліфункціональним значенням, високим адаптаційним та продуктивним потенціалом відносяться представники роду *Crambe*. У колекційному фонді ботанічного саду цей рід представлений близько 20 таксонами. Батьківщиною катрану є Середземномор'я, а далі рід поширився по азійському регіону, Південній Африці та Ефіопії. Вперше рослина була описана К. Ліннеєм у XVIII столітті. Найбільшу площу культура займає в американському штаті Північна Дакота, де її вирощують із 1940 року. Рід нараховує 36 видів (Plant List). Рослини цього роду вивчають у різних країнах світу: Канаді, Німеччині, Болгарії, США, Швеції, Японії, Данії, Китаї та ін. (Прахова, 2013). Рослини надзвичайно цінні та використовуються як харчові, енергетичні, кормові, сидеральні, технічні, декоративні, медоносні. Серед великих постачальників катранової олії є: Німеччина, Туреччина, Індія (Кучеров, Маслова, 2000; Rui Guan, et al., 2014; Низова, Конькова, 2005). Рослини посухо- та солестійкі менше уражаються шкідниками та хворобами, ніж інші із родини капустяних.

На сьогоднішній день залишається актуальним систематичний аспект дослідження даного роду у зв'язку з таксономічною приналежністю деяких представників (Prina, 2009).

Екологічні дослідження видів роду *Crambe* показали цікаві результати щодо їх нематичидного ефекту, оскільки актуальним є пошук органічної речовини для контролю нематод в сільському господарстві (Tavares-Silva, 2015). Крім того, деякі види даного роду є толерантними до невисокого рівня засоленості ґрунтів (до 100 мМ NaCl) (Vos, 2010). Фрагментарні дані щодо вивчення біохімічних особливостей спрямовані в основному на дослідження фенольних сполук (Matthaus, 2002), амінокислот (Dudkin, 1977), вмісту деяких флавоноїдів (Itziar, 1982). *C. cordifolia* та *C. tataria* є потенційним джерелом антиоксидантів, що може вказувати на можливе значення рослин в області медицини (Bukhari, 2013; Pushkarova, 2016). Рослини характеризуються високим вмістом лігніну (понад 24,5 %) та целюлози (понад 40 %), що є дещо нижчим за хвойні породи. Проведені дослідження щодо оптичної щільності та міцності паперової продукції з *C. orientalis* та *C. tataria* (Tutus, 2010). Апікальні сегменти є об'єктом генетичних досліджень в області мікроклонального розмноження (Werner, 2015).

У цілому рослини характеризуються як зимо- та холодостійкі, що в природних умовах переважно зустрічаються в степовій зоні та в Криму. У межах популяцій рослини *C. maritima* характеризуються фенотипічною та генетичною мінливістю (Briard, 2002).

Одним з важливих напрямів дослідження рослин даного роду залишається їх біопаливний потенціал, що обумовлює їх промислове значення (Krishaiyah, 2016; Machado, 2007).

В останні десятиріччя зріс інтерес до нетрадиційних плодкових рослин у багатьох країнах світу та в Україні. Наразі не використовується велика

кількість генотипів з дикорослих популяцій і видів, специфічних для певних регіонів і використаних для свого існування попередніми поколіннями (азиміна, буяхи, ірга, хеномелес, хурма, зизифус та ін.). Одним з джерел поповнення вихідного матеріалу є генотипи з різних географічних зон, у яких при інтродукції проявляється мінливість на популяційному рівні. Це дає можливість відбирати різні фенотипи з господарсько-цінними ознаками для подальшої селекційної роботи і є базою для збагачення асортименту рослин, які можуть використовуватися як плодові, лікарські та декоративні (Клименко та ін., 2021).

Селекційні аспекти збереження і примноження генетичної різноманітності культивованих видів, визначення адаптивних ознак нових видів служать теоретичною основою для виведення нових сортів, стійких до умов Лісостепу України і сприятимуть збільшенню фіторізноманіття.

В основі досліджень відбір і культивування нових видів рослин з меншими затратами енергії завдяки їхній природній стійкості до абіотичних і біотичних стресів для розвитку органічного садівництва, яке базується на природній стійкості рослин і не потребує застосування отрутохімікатів (пестицидів і фунгіцидів).

Інтродукція і введення в культуру нових видів рослин – один зі шляхів збереження біологічного різноманіття. Рослинне багатство України реалізується на 10–15 %. З близько 400 тисяч видів рослин світової флори до селекційного процесу включено не більше 300, а в селекційну практику усього 25–30, і вони забезпечують 90 % усієї рослинницької продукції, що споживається людиною.

У НБС проводиться широкомасштабна робота з інтродукції, досліджень адаптаційної і репродуктивної здатності, селекції нових видів плодкових рослин. Нині створено колекції і генофонди багатьох видів плодкових рослин, проведено велику селекційну роботу з окремих видів, створено нові сорти, які внесені до Державного Реєстру сортів рослин України.

Однак багато видів ще не були задіяні у дослідженнях і наразі ця робота триває. Об'єктами досліджень були цінні види плодкових рослин, які досі не вивчалися у Лісостепу України: *Asimina triloba* (L.) Dunal., *Chaenomeles* spp., *Corylus avellana* L., *Prunus spinosa* L. (Клименко та ін., 2021).

Серед декоративних рослин пріоритетними групами для інтродукційного вивчення в умовах України є: підрид *Limniris* роду *Iris* L., який характеризується значною кількістю віддалених гібридів та форм; види та сорти роду *Pulsatilla* Mill; група міжсекційних гібридів роду півоній (*Paeonia* L.), так званих Іто-гібридів (Itoh hybrids), отриманих в результаті гібридизації видів та сортів різних життєвих форм (Щербакова та ін., 2021).

Підрид *Limniris* є одним із найбільш неоднорідних по складу у роді *Iris*, що включає 45 видів, які відрізняються декоративністю, є потенційно стійкими до абіотичних чинників, мають значну кількість віддалених гібридів та форм, різноманітні за габітусом і напрямками використання в ландшафтному будівництві.

На сьогодні в НБС імені М.М. Гришка НАН України зібрана цінна колекція з 30 перспективних представників підроду *Limniris*. Зважаючи на фрагментарний характер досліджень і необхідність створення наукового підґрунтя для подальшої інтродукційної та селекційної роботи, актуальним є проведення комплексних досліджень з встановлення біолого-морфологічних, екологічних особливостей рослин підроду *Limniris* в Україні (Буйдін, 2021).

Вважається доцільним залучення до інтродукційного процесу мезоксерофітних та ксерофітних рослин, які краще адаптовані до посушливих умов середовища, що важливо для створення стійких, високодекоративних композицій.

Представники роду *Pulsatilla* вирізняються високою декоративністю й широко використовуються в озелененні. У квітникарстві України рослини залишаються маловідомими, а наукові дослідження щодо введення їх у культуру є фрагментарними. Актуальним є вивчення питання екологічної пластичності, стійкості та декоративних властивостей рослин (Перебойчук, 2021).

Дослідження еколого-біологічних особливостей Іто-гібридів в умовах США та Китаю показали, що вони відрізняються ширшим діапазоном екологічної пластичності порівняно з батьківськими видами та характеризуються стійкістю до весняних заморозків, посухи, морозостійкістю. Майже не пошкоджуються патогенними мікроорганізмами, які викликають сіру гниль та іржу листків, і шкідниками. Мають тривалий вегетаційний період та період квітування, високу продуктивність квітування і у зрізі (Page, 2005; Wu et al., 2011).

У Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка зібрана найбільша колекція Іто-гібридів, яка налічує нині 20 сортів. Вивчення їх біологічних особливостей, інтродукційних можливостей та механізмів адаптації в умовах України є актуальним. Це дасть можливість розширити асортимент півоній представниками даної групи та розробити науково обґрунтовану технологію їх культивування (Горобець, Щербакова, 2021).

Наразі важливе значення набувають антистресові технології. Одним із шляхів реалізації біологічного потенціалу продуктивності та стійкості рослин є застосування біологічно активних речовин з широким спектром стимулюючої дії. В цьому плані найбільш перспективними є природні речовини з високим адаптогенним потенціалом, такі як біологічно активний кремній та алелопатично активні речовини.

Протягом останніх десятиріч у світі особлива увага приділяється біологічно активним речовинам природного походження, які за особливостями впливу на рослинні організми, ефективністю, екологічними й технологічними показниками принципово відрізняються від стимуляторів росту минулих років. Серед них найбільш перспективними є препарати на основі природних кремнієвмісних мінералів та біостимулятори рослинного і мікробіального походження (Заїменко та ін., 2021).

В Україні добре відомі синтетичні та біопрепарати з імуномодельюючим ефектом, створені на основі N-окиснених піридинових сполук і

екзометаболітів мікроорганізмів (Біолан, Емістим С та ін.) на базі Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України і Міжвідомчого науково-технологічного центру “Агробіотех” НАН та МОН України. Головним недоліком існуючих вітчизняних та зарубіжних синтетичних і біостимуляторів є те, що вони діють лише на рослини та не враховують інші компоненти агроєкосистем. Таким чином, їх застосування не може вирішити проблему адаптації агроєкосистем в цілому до зростаючих стресових впливів з боку клімату та антропогенної діяльності.

У літературі є відомості про здатність біологічно активного кремнію підвищувати стійкість рослин до низки несприятливих факторів: хвороб, комах-шкідників, хімічної інтоксикації, ультрафіолетового опромінення, дефіциту вологи і кисню та ін. Наростаючий дефіцит кремнію викликає ряд негативних наслідків, тому що даний елемент є не тільки поживним, а й конституційним ґрунтовим елементом. Дефіцит кремнієвих кислот призводить до руйнування орґано-мінерального комплексу, прискорює деградацію ґрунтової орґанічної речовини, погіршує мінералогічний склад, сприяє розвитку фітотоксичних мікроорганізмів.

Усвідомлення світовою спільнотою негативних наслідків від хімізації сільського господарства та необхідності розвитку альтернативних екологічно безпечних технологій зумовило бурхливий розвиток алелопатичних досліджень впродовж останніх десятиріч. Алелопатично активні речовини є природними сполуками з широким спектром фізіологічної дії на вищі рослини та мікроорганізми. Серед них виявлено ефективні інгібітори росту та розвитку рослин і фітопатогенних мікроорганізмів, які успішно застосовуються в сільському господарстві як фітогербіциди та фунгіциди або слугують аналогами для розробки синтетичних пестицидів. Сьогодні екстракти з рослинної сировини та індивідуальні алелопатично активні сполуки входять до складу натуральних ростових добавок, біостимуляторів та орґанічних добрив, які промислово виробляються.

Фізіологічні механізми імуномодельючої дії алелопатично активних речовин практично не досліджені, і це перешкоджає їх широкому впровадженню в агротехнології.

Пропонується принципово новий синекологічний підхід до розробки антистресових технологій у сільському господарстві, який базується на застосуванні наноматеріалу природних кремнієвмісних матеріалів та природних біологічно активних речовин. При цьому кремнієвий компонент суміші діятиме як природний адаптоген та одночасно матриця для синтезу пулу біологічно активних речовин ґрунту. Останні в свою чергу впливатимуть не тільки на агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту, але й на структуру та динаміку ґрунтової мікробіоти (Заїменко та ін., 2021).

Актуальним є розробка методів запобігання інвазіям у нові регіони тих неаборигенних організмів, які становлять загрозу екосистемам у цілому або окремим видам. Таким чином, перед усіма країнами, що підписали Конвенцію про збереження біорізноманіття, у т.ч. й перед Україною,

постало завдання розробити стратегію контролю чисельності неаборигенних організмів як складової частини Глобальної стратегії (Шиндер, 2021).

За багаторічний період роботи в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України інтродуковано і введено в широку культуру близько 70 видів корисних рослин. На основі цих культур створено понад 400 високоадаптивних, стійких сортів, які включені до Державного реєстру. Ботанічний сад зробив важливий внесок у збагачення генетичного різноманіття нових, нетрадиційних та малопоширених рослин різного напрямку використання в Україні.

Отримані у НБС результати свідчать про значний потенціал інтродуцентів у сенсі створення з їх участю високопродуктивних сортів, пристосованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов України. Опрацьовано і опубліковано близько 60 Методик проведення кваліфікаційної експертизи сортів нових культур на відмінність, однорідність і стабільність.

Результати досліджень отримані в НБС переконливо свідчать про те, що кремнієвімісні природні мінерали (анальцим і трепел) є потужними стимуляторами процесу онтогенезу рослин і здатні підвищувати їх адаптивно-захисний потенціал на тривалий період. При цьому, крім механічного, в рослинах існує також біохімічний захист, обумовлений рухливими кремнієвими сполуками.

Проблема стійкості рослин до стресів та підвищення їх адаптаційних можливостей є ключовим завданням сьогодення, що і зумовлює актуальність дослідження.

Одним із основних чинників втрати біорізноманіття у глобальному масштабі протягом наступного століття вважають зміни клімату. Ця проблема потребує розробки кардинально нових підходів та перегляду пріоритетів у багатьох сферах життя людини, оскільки саме наявний рівень біорізноманіття забезпечує цілу низку матеріальних та соціально-духовних потреб людини. Особливо гостро проблема глобальних змін клімату стосується різних типів біомів у тропіках, що в свою чергу зумовлює необхідність прийняття термінових невідкладних заходів для збереження біорізноманіття тропічних флор, де зосереджено понад  $\frac{3}{4}$  різноманіття світової флори.

Головна ідея роботи полягає у розробці наукових основ збереження, збагачення та ефективного використання ресурсів цінних інтродуцентів і раритетних видів флори України з підвищеним адаптаційним та продуктивним потенціалом в умовах глобальних змін навколишнього середовища. Розробка нового підходу до формування генофонду, який базується на мобілізації в Україні екологічно пластичних видів і сортів з генетично зумовленими ознаками стійкості до стресових чинників. Створення та підбір високостійких генотипів рослин.

Метою роботи є розробка фундаментальних та прикладних засад збереження, збагачення та ефективного використання ресурсів цінних інтродуцентів та рідкісних рослин з високою стійкістю і продуктивним потенціалом за впливу кліматичних змін в Україні. Опрацювання наукових



основ відтворення раритетних видів флори України на основі сучасних методів охорони. Оцінка і прогнозування впливу інвазійних видів на функціонування рослинних угруповань.

Здійснено мобілізацію та комплексну оцінку інтродукційного потенціалу рослинних ресурсів за умов глобальних змін клімату. Розроблено сучасні технології збереження, збагачення та ефективного використання різноманіття цінних інтродуцентів і рідкісних рослин. Вивчено механізми стійкості рослин до дії екологічних стресів та здійснено пошук шляхів підвищення їхньої адаптації до несприятливих чинників довкілля. Встановлено фізіолого-біохімічні особливості нових високопродуктивних форм рослин з високим адаптаційним потенціалом. Створено стійкі до екологічних стресів генотипи цінних інтродуцентів та впроваджено оригінальні інноваційні фітотехнології в Україні.

Методи дослідження – загальнонаукові і спеціальні: інформаційно-пошукові; польові – візуальні, фенологічні спостереження; інтродукційні; акліматизаційні; біолого-морфологічні; анатомічні; гістологічні; екологічні; фізіологічні; алелопатичні; селекційно-генетичні (аналітична, синтетична селекція та методи відбору соматичних мутацій); біотехнологічні; геоботанічні; лабораторні (хімічні, агрохімічні, біохімічні); математично-статистичні; порівняльно-обчислювальні.

Об'єктами досліджень були рідкісні та зникаючі рослини флори України і цінні інтродуценти (види роду *Sansevieria* (*Asparagaceae*), роду *Crambe* L. (*Brassicaceae*), *Asimina triloba* (L.) Dunal., *Chaenomeles* spp., *Corylus avellana* L., *Prunus spinosa* L., підвиди, форми та культивари підроду *Limniris* (серій *Sibiricae* (Diels) Lawrence, *Laevigatae* (Diels) Lawrence, *Hexagonae* (Diels) Lawrence) роду *Iris* L., види та культивари роду *Pulsatilla* Mill.; міжсекційні Іто-гібриди (Itoh hybrids) роду *Paeonia* L.) – квітничково-декоративні, плодові, лікарські, енергетичні, кормові, харчові рослини.

У роботі теоретично обґрунтовано та розроблено наукові основи збереження, збагачення і ефективного використання ресурсів цінних інтродуцентів та рідкісних рослин за впливу кліматичних змін в Україні. Визначено біолого-екологічні, морфолого-анатомічні, фізіолого-біохімічні, алелопатичні, селекційно-генетичні, біотехнологічні та фітоценотичні критерії інтродукції, акліматизації, селекції рослин для створення нових фітогенетичних ресурсів, виявлення маркерів стійкості, підвищення адаптивних реакцій рослин, покращення відтворювальної функції і продуктивності цінних інтродуцентів, а також рідкісних рослин з метою прогнозування та упередження негативного впливу змін кліматичних умов.

Установлено особливості структурно-функціональних адаптацій та розроблено методи масового розмноження рослин видів роду *Sansevieria* (*Asparagaceae*) за умов оранжерейної культури і культури *in vitro* для забезпечення ефективного збереження біотичного різноманіття тропікогенних флор *ex situ* за умов глобальних змін клімату. Здійснено порівняльний аналіз анатомічної будови листків модельних видів *Sansevieria* при зміні умов *in vitro* → *ex vitro* з метою підвищення

адаптаційної здатності рослин. Проведено скринінг маркерів водного стресу, індукованого в двох експериментальних моделях (*in vivo* та *in vitro*) (на прикладі різних видів *Sansevieria*).

Вивчено механізми стійкості рослин роду *Crambe* до дії екологічних стресів та здійснено пошук шляхів підвищення їхньої адаптації до несприятливих чинників довкілля. Розроблено сучасні методи підвищення стійкості цінних рослин для ефективного функціонування у штучних екосистемах в Україні. Створено цінний генофонд та вивчено фізіолого-біохімічні особливості нових високопродуктивних форм рослин з підвищеною стійкістю.

Встановлено еколого-біологічні детермінанти адаптації нових плодкових рослин, відібрано перспективні генотипи з цінними харчовими і лікарськими ознаками для органічного садівництва.

Визначено екологічно-пластичні види і сорти квітниково-декоративних рослин з генетично зумовленими ознаками стійкості до посухи та інших стресових чинників довкілля. З'ясовано сезонні ритми росту і розвитку рослин, здійснено комплексне оцінювання успішності їх інтродукції.

Основним результатом роботи з фізіолого-екологічних основ акліматизації і адаптації була розробка наукових принципів втілення синекологічного підходу в технології підвищення продуктивності та стійкості як окремих рослин, так і агроекосистем за умов зростання антропогенного навантаження та кліматичних змін.

Робота має важливе наукове, екологічне, економічне та соціальне значення. Розроблено сучасні методи збереження, збагачення та ефективного використання рослинних ресурсів в умовах кліматичних змін в Україні. Опрацьовано заходи з репатріації та реінтродукції рідкісних рослин. Створені нові високостійкі форми рослин, які слугують цінним джерелом для виведення нових гібридів та сортів з бажаними якісними та кількісними характеристиками. Опрацьовано методи прогнозу інвазійного потенціалу інтродукованих рослин. Ці результати мають важливе значення для використання в агропромисловому виробництві, харчовій галузі, природоохоронній діяльності і ландшафтній архітектурі.

*Ключові слова:* кліматичні зміни, стійкість, цінні інтродуценти та рідкісні рослини, акліматизація і адаптація, життєва стратегія, збереження та збагачення біорізноманіття, ефективне використання фіторесурсів.

*Робота виконана у рамках Цільової програми наукових досліджень Відділення загальної біології НАН України "Фундаментальні засади прогнозування та упередження негативного впливу змін кліматичних умов на біотичні системи України". Колектив авторів висловлює щирі*

*вдячність*

*Відділенню загальної біології НАН України, адміністрації та членам Вченої ради НБС, рецензентам і співробітникам за підтримку та цінні поради під час виконання досліджень та оформлення монографії.*

## РОЗДІЛ 1

# ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СТІЙКОСТІ РІДКІСНИХ ВИДІВ РОСЛИН ДО ДІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ЗА УМОВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ЕКОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ НБС ІМЕНІ М.М. ГРИШКА НАН УКРАЇНИ

---

Глобальна зміна клімату є однією з найбільших загроз людству. Її наслідками є небезпечні зміни погоди, паводки, повені, зливи і дощі, град, посухи, що призводять до значних екологічних та економічних збитків. Останнім часом, у суспільстві відбуваються процеси усвідомлення небезпечності ситуації та поступової зміни пріоритетів розвитку світу від індустріального до екологічно обґрунтованого. Підтвердженням цього є проведення на найвищому рівні Конференцій ООН з питань довкілля і розвитку в Ріо-де-Жанейро у 1992 р. та Йоганнесбурзі у 2002 р., де було прийнято низку резолюцій та Конвенцію про біорізноманіття, які є нормативною основою як для сталого забезпечення потреб населення Землі, так і для еволюції і функціонування систем біосфери. Крім того, Рада Європи прийняла концепцію Європейської екомережі як ідею загальноєвропейської системи охорони природної спадщини європейської спільноти. Україна ратифікувала ці угоди і стала активним учасником у розбудові екомережі.

Однак на даний час зусилля щодо стримування глобального потепління не приносять бажаного результату. За даними ООН, замість обмеження глобального потепління на рівні до 1,5°C в рамках Паризької угоди 2015 року, нині світ перебуває на шляху до потепління на рівні 3,2°C до 2100 року. При цьому викиди парникових газів зростають, оскільки двадцять найбільшим країнам світу, що здійснюють близько 78 % світових викидів парникових газів, наразі значною мірою не вдалося здійснити необхідні трансформаційні зміни.

Адаптація до глобальних змін клімату є процесом пристосування у природних чи антропогенних системах у відповідь на фактичні або очікувані кліматичні впливи, що дозволить знизити їх негативні наслідки.

За даними Національного інституту стратегічних досліджень (Іванюта, 2020), значна частина природних систем може виявитися особливо чутливою до зміни клімату, оскільки вони мають обмежену здатність до адаптації, а деяким з цих систем може бути нанесений істотний та незворотний збиток. Значною мірою це стосується і багатьох видів живих організмів, які мешкають в природному середовищі в звичних умовах

існування. Окремі види в нових умовах можуть збільшити чисельність або сфери перебування, але зміна клімату підвищить існуючі ризики знищення деяких більш уразливих видів і значно посилить загрозу втрати біорізноманіття. У зв'язку з цим збереження рослинного різноманіття і раціональне використання та відтворення природних ресурсів, стає однією з найбільш актуальних проблем людства. Поряд з глобальним, проблема охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування має яскраво виражений регіональний характер і відіграє особливу роль в інтенсифікації виробництва на основі прискорення науково-технічного прогресу.

За визначенням фахівців Всесвітнього фонду дикої природи (WWF Living Planet Report, 2016), основними екологічними чинниками, які спричиняють глобальне збіднення біорізноманіття є: втрата і деградація середовища існування видів; надмірна експлуатація видів; забруднення, що впливає на види безпосередньо, перетворюючи середовище існування на несприятливе для їх життя; чужорідні види, які можуть конкурувати з місцевими за території; зміна клімату, яка може спричиняти прямий вплив (переміщення в райони з більш сприятливими умовами) та опосередкований, впливаючи на перебіг життєвих циклів видів.

## 1.1. Огляд літератури

Більшість дослідників вважає, що вплив зміни клімату на зміни біорізноманіття є недооціненим, адже він значно підсилює дію зазначених чинників, спричиняючи зміну умов і деградацію звичного середовища існування та появу нових чинників, що впливають на життєві цикли видів, порушують усталені умови і знижують здатність до адаптації (De'ath, Fabricius, Sweatman, Puotinen, 2012) .

Прикладами впливу зміни клімату на біорізноманіття можуть бути:

- фенологічні зміни – при підвищенні середньої температури на 20<sup>0</sup>C рослини починають квітнути на 5–30 днів раніше, коли існує загроза приморозків та ще відсутні комахи-запилювачі, що зумовлює негативний ефект;
- зміни в розселенні видів – зміна ареалу внаслідок зміни умов спричиняє швидку появу та розселення інвазійних видів, серед яких багато небезпечних бур'янів, алергенів, отруйних тощо. Інвазійні види зазвичай більш життєстійкі та поступово повністю замінюють місцеві.

Визначаються три види реакцій біоти на зміну клімату: міграція, адаптація та зникнення (Дідух, 2009). Міграція у звичайних умовах є екологічно зрівноваженим процесом, проте через збільшення темпів змін у навколишньому середовищі та наявність антропогенних перешкод (екологічних дірок) рівновага порушується. Інвазійні види витісняють аборигенів і займають їхні екологічні ніші, у результаті чого розриваються

коеволюційні зв'язки. Відповідно найчастіше мігрують зовсім не ті види, які б ми хотіли бачити в нашій природі.

Адаптація – еволюційний тривалий процес, а клімат на сьогодні змінюється швидше за еволюційні можливості. Це зумовлює вразливість видів з тривалим циклом розвитку (багаторічників) та заміну їх, зокрема, однорічними бур'янами. В глобальному масштабі це призводить до скорочення запасів енергії в біомасі екосистем і в кінцевому випадку – до порушення енергетичної піраміди. Для умов України з її аномальною розораністю територій (56 %), ризик заселення непродуктивних однорічників є дуже високим.

Особливо негативним є процес зникнення видів. Прогнозують, що протягом століття з окремих територій зникнуть 17–35 % видів, а в Європі, зокрема до 2080 р., свій ареал скоротить близько 50 % видів рослин.

На думку Я.П. Дідуха (2009), для України існує ризик негативного впливу зміни клімату на рівні екосистем, зокрема на болотні екосистеми, які депонують вуглець і відіграють особливу роль у кругообігу й балансі CO<sub>2</sub>. Відбуватиметься заростання боліт лісом та зникнення болотних видів. Для зони Полісся існує ризик опустелювання та збіднення екосистем внаслідок посухи, що стимулюватиме поширення посухостійких видів. Посуха сприятиме збільшенню кількості та частоти пожеж у хвойних лісах від Полісся до гірського Криму. Для степової зони, що значно порушена антропогенною діяльністю, відбудеться, не передбачене теоретично, заміщення лучними та лісовими угрупованнями, утвореними інвазійними видами. Підйом рівнів ґрунтових вод підсилить заболочення та засолення ґрунтів, скоротить площі піщаних дюн, які є осередком багатьох ендемічних видів. Загалом, для умов України вплив факторів зміни клімату може зумовити збіднення чисельності 8 % видів рослин та 10 % – тварин.

В таких умовах збереження рослин *ex situ* є суттєвим і необхідним. На важливість збереження біорізноманіття методами *ex situ* наголошено, зокрема, і у “Глобальній стратегії збереження рослин”. При розробці заходів з охорони рідкісних і зникаючих видів рослин важливим є гармонійне поєднання збереження різноманіття рослин *in situ* та *ex situ*, їх інтродукції і репатріації. Розглядаючи інтродукцію та репатріацію як “аварійні” методи, їх можна застосовувати для збереження видів, яким загрожує повне зникнення чи вимирання.

Сучасні процеси глобальних кліматичних змін негативно впливають, зокрема, на бореальні види флори України. Інтенсивний додатковий антропогенний вплив на довкілля: сільськогосподарське трансформування долин рік, осушення боліт і заплав, масова вирубка лісів призводять до падіння рівня ґрунтових вод та інсуляризації ареалів видів бореальної і неморальної флори України. Як наслідок – зменшення кількості популяцій рослин, деградація вікової і просторової структури популяцій, знищення місцезростань цих видів. Особливо чутливими до таких негативних змін є рідкісні стенотопні види рослин, популяції яких зникають навіть при незначних змінах довкілля. Вивчення динаміки поширення рідкісних видів, встановлення впливу сучасних негативних антропогенних і

природно-кліматичних факторів на їх поширення, з'ясування механізмів і можливостей адаптації, важливі для розробки заходів з охорони рослин на популяційному та ценотичному рівнях.

Для інвазійних, адвентивних видів навпаки – вищезазначені фактори сприяють їхньому інтенсивному поширенню не лише в трансформовані антропогенні середовища, а й в цілком природні угруповання рослинності. Глобальні кліматичні зміни сприяють масовому насіннєвому і вегетативному розмноженню інвазійних видів, які агресивно захоплюють природні ценози, повністю витісняючи рідкісні, зникаючі та спорадично поширені види природної флори України.

Одним із негативних наслідків антропогенного впливу є фітоінвазії, котрі проявляються у експансивному розповсюдженні чужорідних видів рослин, і за рівнем негативного впливу на аборигенне біорізноманіття посідають друге місце після безпосереднього руйнування природних оселищ (Протопопова та ін., 2019; Richardson et al., 2000). Характерною рисою процесу фітоінвазій є постійна поява нових чужорідних рослин і їх подальша експансія. Поширення інвазійних рослин часто пов'язане із інтродукційною роботою і тому здичавілі інтродуценти стають постійним компонентом рослинного покриву ботанічних садів та інших осередків інтродукції рослин. У адвентивній флорі України частка натуралізованих інтродукованих рослин становить 46,3 %, в адвентивній флорі Київської агломерації – 46,5 % (Шиндер та ін., 2021). Досвід вивчення інвазійних рослин свідчить, що лише незначний відсоток інтродуцентів успішно натуралізується у нових умовах і виходить за межі культури, але саме такі види часто є найбільш агресивними. Таким чином, комплексне дослідження фітоінвазій, а також моніторинг інвазійних і потенційно-інвазійних рослин в інтродукційних осередках, на початкових етапах їх натуралізації є важливим та актуальним напрямком сучасних біологічних досліджень.

Негативний вплив на аборигенне фіторізноманіття визначається ступенем натуралізації чужорідного таксону та його інвазійна активність, які за сучасним уявленням пов'язані із поетапним подоланням низки природних бар'єрів: географічного, екологічного, репродуктивного та фітоценотичного. Найбільшу загрозу існуючому біорізноманіттю становлять чужорідні рослини, котрі здатні успішно конкурувати у природних (агріофіти) і вторинних (епекофіти) фітоценозах. Важливість дослідження і моніторингу фітоінвазій у ботанічних садах та інтродукційних осередках інших типів полягає в тому, що в даних умовах процеси натуралізації чужорідних рослин відбуваються у максимально контрольованих умовах. Сучасні тенденції у дослідженні інвазійних рослин (насамперед натуралізованих інтродуцентів або ергазіофітів) свідчать, що ця проблема включає кілька аспектів: оцінка ризиків появи нових інвазійно-активних рослин, оцінка існуючого негативного впливу інвазійних рослин, боротьба з інвазійними рослинами.

Ботанічні сади, дендропарки й дендрарії України мають вагомий внесок у досягнення в питаннях збереження біотичного різноманіття шляхом

створення колекцій дикоростучих і культивованих видів рослин. Зокрема у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України (НБС) зібрані унікальні колекції, які нараховують понад 16 тис. видів, різновидів, форм і сортів. Створено окрему ділянку “Рідкісні рослини флори України”, де культивується понад 100 раритетних видів. Певними успіхами є репатріація ряду зникаючих видів у природні фітоценози (*Dianthus hupanicus* Andr., *Lilium martagon* L., *Galanthus nivalis* L.), розробка методик оцінки успішності інтродукції (види родини *Orchidaceae* Juss.) та концепції біоморфологічного потенціалу, моделювання інтродукційних популяцій (*Adonis vernalis* L., *Allium ursinum* L., *Centaurea mollis* (Waldst. & Kit.) Sojak, *Cerastium biebersteinii* DC., *Galanthus nivalis* L., *Gymnospermium odessanum* (DC.) Takht., *Euonymus nana* M. Bieb., *Leucosium vernum* L., *Scopolia carniolica* Jacq., *Staphylea pinnata* L., *Tulipa quercetorum* Klok. et Zoz. та ін.), визначення критеріїв добору зразків для колекційного фонду (Собко, Гапоненко, 1996).

Багаторічні спостереження за інтродукованими рослинами дозволяють установити їхні адаптаційні можливості, поліморфізм, подібність і відмінності близьких видів, особливості онтогенезу, закономірності сезонних ритмів росту й розвитку. Дотепер недостатньо вивчені закономірності адаптації рослин при інтродукції.

В умовах середовища, що змінилися, відбувається пристосування рослин, що базується на внутрішніх можливостях і механізмах, зумовлених його генотипом. У культурі цей процес прискорюється завдяки штучному добору, здійснюваному з методичною спрямованістю на високому агротехнічному тлі. Особливістю інтродукції є ізоляція інтродукованих особин від вихідної популяції. Однак при цьому створюються сприятливі умови для прояву в поколіннях насінневого походження рецесивних ознак, які в нових умовах існування можуть виявитися корисними адаптивними або шкідливими. Спільна дія ізоляції й зміни умов середовища обумовлює специфіку фенотипічної адаптації рослин при інтродукції. На основі фізіологічних досліджень доведено, що особини можуть змінювати не лише сезонний ритм розвитку, але й хід фотосинтезу, характер обміну речовин та інших функцій. Показано, що зміна ритму життєдіяльності рослин носить пристосувальний характер.

## **1.2. Вивчення механізмів стійкості рідкісних видів рослин до дії екологічних факторів за умов кліматичних змін**

Однією з найважливіших проблем збереження рідкісних видів рослин дотепер залишається з’ясування механізмів їхньої стійкості та адаптації за дії несприятливих факторів як природного, так і антропогенного походження. Дослідження онтоморфогенезу рослин та встановлення меж онтогенетичних станів особин є необхідною основою для вивчення структури та динаміки їхніх популяцій. Мала кількість даних про

морфологію рослин у різні періоди онтогенезу ускладнює ідентифікацію рослин у природних та культурних популяціях. Така інформація особливо важлива для розробки стратегії збереження рідкісних видів рослин.

З метою з'ясування механізмів стійкості рідкісних видів рослин до дії екологічних факторів за умов кліматичних змін, модельним видом було обрано *Trifolium rubens* L. – багаторічну рослину з Європейським типом ареалу, яка занесена до Червоної книги України як рідкісна (рис. 1.1). Необхідно було проаналізувати особливості онтоморфогенезу *T. rubens*, встановити діагностичні ознаки вікових станів і послідовність їх проходження, з'ясувати особливості багатоваріантності розвитку особин.

*T. rubens* мало поширений в культурі, проте є перспективним для вирощування як рослина поліфункціонального призначення, разом з тим особини є вкрай чутливими до впливу антропогенних факторів та погано відновлюються самостійно.



Рис. 1.1. *Trifolium rubens* L., рідкісний вид, занесений до Червоної книги України

Для з'ясування поширення виду було використано результати польових досліджень, літературні дані, електронні бази даних та матеріали гербаріїв. Картосхеми поширення складено за допомогою програми Google maps.

У природних умовах рослини досліджували у Закарпатській області у Березівському і Мукачівському районах маршрутним методом у два строки: у червні (під час квітування рослин) та у серпні (під час плодоношення). Для побудови онтогенетичних спектрів популяцій враховували кількість та щільність вегетативних, генеративних, субсенільних, сенільних надземних пагонів у межах окремих локусів виявлених популяцій.



За окремі локуси у межах кожної популяції приймали скупчення рослин *T. rubens*. В межах кожного локусу закладали від 1 до 10 пробних ділянок (1×1 м<sup>2</sup>). Для опису місцезростань складали перелік видів рослин, їх оцінювали за шкалою Браун-Бланке (Braun-Blaquet, 1964). Назви рослин наведено за The Plant List (2013), назви рослинних угруповань вказано відповідно до Продромусу рослинності України (Продромус..., 2019).

Ріст і розвиток рослин *T. Rubens* вивчали переважно при інтродукції у ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України. Спостереження проводили протягом 2014–2019 рр. Дослідження здійснювали на ділянці “Рідкісні рослини флори України” відділу природної флори. Ґрунти ділянки, де проводилися дослідження, темно-сірі, опідзолені, супіщані. Об’єктом були особини *T. Rubens* насінневого походження. Онтогенез та морфогенез вивчали загальноприйнятими методами (Смирнова та ін., 1976). Рослини викопували, замальовували та фотографували на різних стадіях розвитку. Оскільки *T. rubens* є рідкісним видом, то після досліджень рослини висаджували на попереднє місце зростання. Поліваріантність розвитку окремих груп рослин показано схематично з використанням символів: → – перехід до наступного етапу розвитку; | – завершення вегетації; ‡ – тривалість перебування більше одного року.

Дослідження алелопатичних властивостей проводили за загальноприйнятою методикою А.М. Гродзінського (1973). Рослинний матеріал відбирали згідно зі змінами фаз вегетації: квітання, плодоношення, кінець вегетації. Готували водні екстракти із надземної частини рослин та прикореневого ґрунту у концентрації 1:10, 1:50 та 1:100. Тест-об’єктом були однодобові проростки амаранту *Amarantus paniculatus*.

**Поширення *Trifolium rubens* L.** Види роду *Trifolium* L., яких налічується понад 300 видів, поширені на усіх континентах, крім Австралії. Серед них переважна більшість є цінними кормовими, медоносними, лікарськими рослинами. У зв’язку з цим представники роду активно вивчались і вивчаються у різних аспектах.

*T. rubens* – центральноевропейський лісостеповий вид. Природно поширений головним чином у Центральній Європі, а також у Південній та Східній Європі (Meusel, 1992). Окремі локалітети досягають півдня Іспанії та Італії, на сході – України, Білорусі, також на півночі окремі локалітети відомі з Балтії, півдня Скандинавії (Rašomavičius, 2007) та півдня Фракії (Meusel, 1992) (рис. 1.2).

У низці країн вважається рідкісним і занесений в різні охоронювані списки рослин. До списків заповідних рослин Литви входить з 1962 року, трапляється переважно у південній частині країни (Rašomavičius, 2007). У Польщі цей вид не входить до охоронюваних, але популяції мають тенденцію до скорочення чисельності (Matuszkiewicz, 2001).

В Україні вид знаходиться на східній межі свого природного ареалу. Узагальнені хорологічні дані показали, що *T. rubens* поширений на Правобережній Україні. Вид достеменно відомий з Вінницької, Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської, Рівненської, Тернопільської, Хмельницької, Чернівецької областей. Більше за все місцезнаходжень

відомо з Закарпатської та Львівської областей. Поширення *T. rubens* у Волинській, Житомирській, Черкаській областях та м. Києві є сумнівним та не має сучасного підтвердження (Gnatiuk et. al., 2021a).



Рис. 1.2. Загальний ареал *Trifolium rubens* L. за Meusel, Jäger (1992)

Природні місцезростання виду знаходяться переважно у зоні широколистяних лісів у районах із помірним і достатнім зволоженням. Оптимальною кількістю опадів для поширення виду є 700–600 мм за рік (від 800 мм у Закарпатті до 500 мм у Вінницькій області). Зменшення опадів, очевидно, є лімітуючим фактором для поширення виду, оскільки відоме лише одне місцезнаходження у Лісостепу (рис. 1.3).

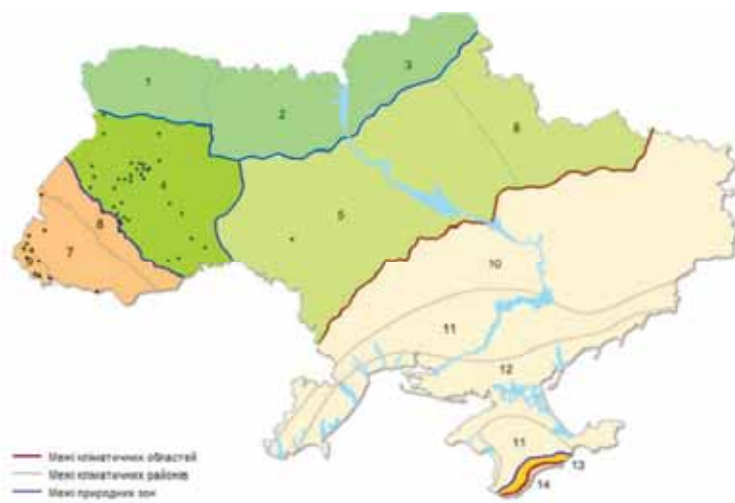


Рис. 1.3. Локалітети *Trifolium rubens* на карті кліматичного районування України (4 – Зона широколистяних лісів; 5 – Лісостепова зона. Західний кліматичний район; 7 – Кліматичний район гірської частини (Гірсько-Карпатський); 8 – Передкарпатський низовинний кліматичний район; 9 – Закарпатський низовинний кліматичний район)

Сумарна тривалість опадів за рік у регіонах поширення виду не є меншою за 70 годин, у вегетаційний період (квітень-жовтень) середня к-ть опадів на цій території більша за 425 мм, але сумарне випаровування влітку не перевищує 280 мм. Середньомісячна температура повітря у січні -4 – -5° С. Сума фотосинтетично активної радіації за вегетаційний період (температура вища за 5° С) у межах 1700–1800. Повторюваність помірної атмосферної посухи (ГТК – 0,7 – 1,0) у період активної вегетації з температурою повітря вищою за 10° не більше 20 %. Температурні коливання також впливають на поширення виду. Південна межа його поширення знаходиться в межах середньої дати останнього заморозку весною – 20.04. (Ліпінський В.М. та ін., 2003).

**Біоморфологія.** *Trifolium rubens* – багаторічна трав'яниста рослина. За життєвою формою це гемікриптофіт або хамефіт з глибоким, потовщеним коренем. Стебла прямостоячі або висхідні, численні, прості, іноді розгалужені, жорсткі, голі, облистнені, 20–90 см заввишки, зелені чи червонуваті. Листки в обрисі яйцеподібні, трійчасті. Листочки продовгувато-ланцетні, по краю дрібнозубчаті з густою сіткою потовщених до краю бічних жилок. Прилистки голі, крупні, в більшій частині зрослі із черешком, у вільній частині ланцетні і часто перевищують черешок. Квітки у суцвіттях. Голівки яйцеподібні чи майже циліндричні, одиночні або парні, переважно на кінцях стебел, досить великі 4–10 см завдовжки та 2–3,5 см завширшки, на коротких ніжках. Чашечка трубчаста, трубочка її 4–6 мм завд., з 20 не дуже виразними жилками, гола, з густим кільцем волосків у зіві. Зубці чашечки щетинисто-волосисті, нижній з них значно перевищує трубочку. Віночок червонуватий, 1,3–1,6 см завд., пелюстки майже на 2/3 зростаються в трубочку. Прапорець у вільній частині яйцеподібний, трохи відігнутий, ледве перевищує крила; крила вузько-ланцетні з розвиненим м'ясистим вушком. Плід – яйцеподібно-кулястий плівчастий однонасінний біб. Насінини яйцеподібні. Квітування спостерігається в червні–липні, плодоношення – у липні–серпні. Рослини самонесумісні, перехреснозапильні, розмножуються насінням (Gnatiuk et al., 2021b).

**Фітоценотична приуроченість та структура природних популяцій.** *Trifolium rubens* трапляється у ксеромезофітних угрупованнях класу *Festuco-Brometea* (союз *Cirsio-Brachypodium pinnati*), *Molinio-arrhenatheraea* та *Trifolio-Geranietaea*. Як діагностичний вид лучної рослинності наведений для асоціацій *Primulo veris-Agrostietum capillaris* союзу *Arrhenatherion elatioris* та у складі угруповань порядку *Antherico ramosi-Geranietalia sanguinei* союзу *Geranion sanguinei*, які класифікуються як маргінальні термофільні широкотравні угруповання екотонів, що формуються в екотонній смузі узліссями лісових і чагарникових угруповань (Червона книга України, 2009; Продромус..., 2019).

В Україні популяції *T. rubens* не є вельми численними, трапляються спорадично невеликими куртинами, групами від кількох особин до кількох десятків, часто на схилах південної і південно-східної експозицій. Популяції *T. rubens* нами виявлено і досліджено у перед гір'ї Вулканічних Карпат, в межах низькогірного пасма Берегівського вулканічного

горбогір'я та на горі Ловачка поблизу м. Мукачева Закарпатської області. На даній території трапляються фрагменти дібров і чагарникових заростей. Ґрунти буроземні підзолисті. Схили частково терасовані та засаджені виноградниками, садами або використовуються як орні землі чи пасовища. *T. rubens* було виявлено у наступних локалітетах: 1) околиці м. Берегово; 2) околиці с. Затишне, 3) поблизу с. Мужієво, 4) окол. м. Мукачево (Гнатюк та ін., 2020; Gnatiuk et al., 2021a).

Досліджені нами популяції на Закарпатті, приурочені переважно до лучно-степових ділянок із чагарниками, рослини часто трапляються на схилах пагорбів, на злаково-різнотравних луках та у мезоксерофільних вторинних (напівприродних) чагарникових угрупованнях, на антропогенно трансформованих ділянках, переважно вздовж стежок і на узліссях, перелогах. Часто населяє термофільні екотонні угруповання на межі лісових чи чагарникових формацій із трав'янистими, які можна віднести до ряду *Oranietalia*, класу *Trifolio-geranieta sanguinea*. Популяції ізольовані. Вірогідно, характерною є метапопуляційна організація з дисперсним розташуванням особин на великих площах (відстань між локусами становить від десяти до сотні метрів). Антропогенна трансформація місцезростань призводить до диз'юнктивних змін у структурі та розриву популяцій на окремі локуси. Однак у сприятливих умовах рослини формують щільні куртини, а дисперсність їх розташування зумовлена переважно фітоценотичними і антропогенними чинниками (випас худоби, витоптування туристами, розорювання, тощо). Популяції часто розташовані стрічкоподібно вздовж стежок або у вигляді фрагментів.

Усі досліджені популяції неповностанові із максимумом на генеративних особинах. У жодній популяції нам не вдалось виявити однорічних віргінільних рослин, що може вказувати на несприятливі умови поточного року для проростання насіння. В той же час відсутність рослин у сенільному періоді свідчить про нормальні умови для життя рослин в останні роки. В популяціях переважали добре розвинені генеративні рослини, що, очевидно, продукуватимуть достатню кількість плодів з насінням для успішного розмноження наступного року. В досліджених популяціях щільність вегетативних пагонів складала 1–8 на 1 м<sup>2</sup>, тобто 18,3–48,3 % від загальної кількості в популяціях, а максимум припадав на генеративні пагони і в середньому складав 17–68 на 1 м<sup>2</sup> (51,7–82,5 %), сенільних і субсенільних було зафіксовано мало, кількість субсенільних була 0–3 на 1 м<sup>2</sup>, сенільних 0–2 на 1 м<sup>2</sup> або 0–11,2 % та 0–1,4 % відповідно (рис. 1.4).

Зважаючи на рідкісність рослини, необхідно докласти зусиль у заповіданні територій, де вони поширені та посилити увагу до збереження *T. rubens ex situ*.

**Адаптивні механізми стійкості.** Адаптація є генетично обумовленим процесом формування захисних систем, які забезпечують підвищення стійкості та тривання онтогенезу у несприятливих умовах. Одним із механізмів, який забезпечує виживання виду у рослин є поліваріантність розвитку особин в популяції.

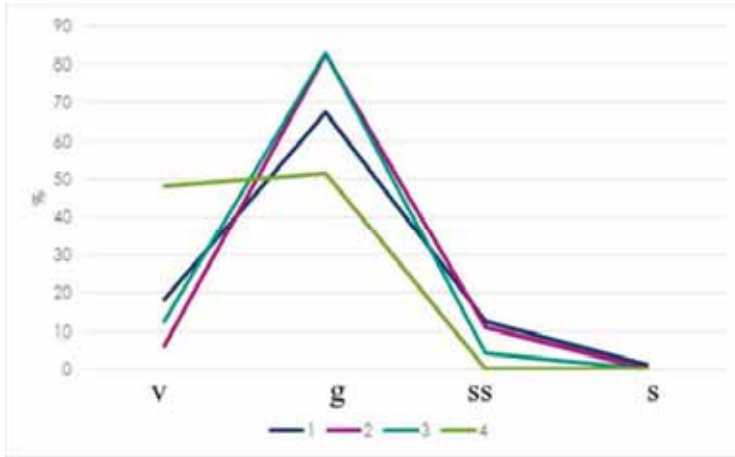


Рис. 1.4. Онтогенетичний спектр популяцій *T. rubens* (1-4 – популяції; v, g, ss, s – вікові стани).

Наші дослідження *Trifolium rubens* в умовах інтродукції в м. Києві показали, що рослини проходять переважно повний цикл розвитку від утворення насіння до старіння. Прегенеративний період онтогенезу у *Trifolium rubens* триває переважно один вегетаційний сезон, отже дворічні особини вже є генеративними і здатні до насінневого розмноження. Затримка у формуванні генеративних рослин понад 1 рік свідчить про неоптимальність умов зростання рослин та може призвести до утворення субсенільних і сенільних особин із наступною їх загибеллю. Найтривалішим періодом онтогенезу є генеративний. Протягом річного циклу розвитку можливе повторне осіннє квітування рослин, яке щорічно спостерігалось в культурі. Однак ці суцвіття не утворювали плодів з насінням. В природних популяціях Закарпаття нам не вдалось спостерігати повторного квітування рослин. У віргінільному стані рослини перебувають 1–3 роки. Сенільний період є слабо вираженим, але може тривати декілька років. В умовах НБС проходження особинами онтогенетичних станів (рис. 1.5) відбувалося у чотирьох варіантах і наступній послідовності:

- 1)  $p \rightarrow j \rightarrow im \rightarrow v_1 \left| \begin{array}{l} \rightarrow v_2 \\ \rightarrow g_1 \end{array} \right| \rightarrow g_2 \ddagger \left| \begin{array}{l} \rightarrow g_3 \ddagger \\ \rightarrow ss \ddagger \end{array} \right| \rightarrow s \ddagger$ ;
- 2)  $p \rightarrow j \rightarrow im \rightarrow v_1 \left| \begin{array}{l} \rightarrow g_1 \\ \rightarrow g_2 \ddagger \end{array} \right| \rightarrow g_3 \ddagger \left| \begin{array}{l} \rightarrow ss \ddagger \\ \rightarrow s \ddagger \end{array} \right|$ ;
- 3)  $p \rightarrow j \rightarrow im \rightarrow v_1 \left| \begin{array}{l} \rightarrow v_2 \ddagger \\ \rightarrow ss \ddagger \end{array} \right| \rightarrow s \ddagger$ ;
- 4)  $p \rightarrow j \rightarrow im \rightarrow v_1 \rightarrow g_1 \left| \begin{array}{l} \rightarrow g_2 \ddagger \\ \rightarrow g_3 \ddagger \end{array} \right| \rightarrow ss \ddagger \left| \begin{array}{l} \rightarrow s \ddagger \end{array} \right|$ .

Дослідження онтоморфогенезу виявили, що у рослин *T. rubens* вже на початку розвитку є значні відмінності ювенільних етапів від більш пізніх (гетеробластний тип розвитку). Ця різниця є особливо помітною у формі листків та ступені опушення частин, які змінюються в онтогенезі. Наявність трихом на молодих листках і пагонах, можливо, є захистом для молодих рослин від посушливих умов у прегенеративний період і від пошкодження тваринами молодих органів. Зміна форми листової пластинки у *T. rubens* в онтогенезі від простої до трійчастої та різниця в

опушенні частин листка і форми листочків свідчить, що ці ознаки є віковими. Збільшення листка, видовження листової пластинки у листочків та втрата опушення органів виражає вищий ступінь їх зрілості. При цьому зрілість особин необхідно оцінювати за листками середньої формації головного пагона, оскільки бічні пагони та листки верхньої формації як фізіологічно більш молоді, часто мають ювенільні риси (див. рис. 1.5).

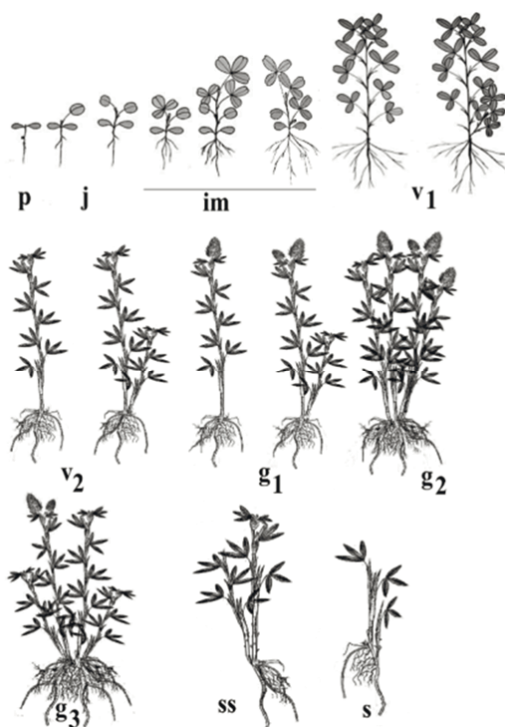


Рис. 1.5. Схематичне зображення станів онтоморфогенезу *Trifolium rubens* L.: проростки (p); ювенільні (j); іматурні (im); віргінільні (v), генеративні (g), субсенільні (ss), сенільні (s).

Віргінільні рослини, які не змогли утворити квіток, часто стають субсенільними і сенільними, минаючи генеративний період. Вегетативне розмноження, що проявляється у вкоріненні нижніх підземних частин пагонів, не є додатковим способом збільшення чисельності рослин, а забезпечує пролонгування життя особин за рахунок додаткового живлення.

У природних популяціях вид поводить себе переважно як К-стратег (хоча має можливість формувати велику к-ть насіння). У деяких фітоценозах співіснує з віолентами й іншими патієнтами, займаючи спільні ніші.

Нашу увагу привернула мозаїчність фітоценозів із участю *T. rubens* та обмеженість і повторюваність інших видів рослин у куртинах. В обстежених нами популяціях, рослини *T. rubens* найчастіше траплялись у

мікроасоціаціях за участю *Rubus fruticosus s.l.*, *Coronilla varia*, *Lotus corniculatus*, *Clinopodium vulgare*, *Trifolium alpestre*, *Melampyrum nemorosum*, *Inula salicina*, *Vicia cracca* та видів роду *Calamagrostis*. Окремі добре розвинені особини, які формували потужну надземну масу, були цілком конкурентними і витісняли інші види рослин у полі дії свого фітогенного поля.

Бобові мають високий вміст біологічно активних речовин, у тому числі флавоноїдів та білку. Теоретично бобові мають бути особливо аделопатично стійкими. В процесі еволюції у них виникла специфічна здатність протистояти надмірному росту сусідів за допомогою аделопатичного механізму (Гродзінський, 1973). Виявлення хімічної взаємодії рослин є інформативним для оцінки конкурентоспроможності рослини у фітоценозі.

Ми дослідили аделопатичні властивості прикореневого ґрунту та екстрактів надземної маси рослин *T. rubens* і порівняли їх із іншим видом роду – *T. repens*, який широко розповсюджений у Євразії, Пн. Африці та Пн. Америці та культивується. Дослідження проводили за загальноприйнятою методикою А.М. Гродзінського. Рослинний матеріал відбирали згідно зі змінами фаз вегетації: квітання, плодоношення, кінець вегетації (Левчик та ін., 2021).

Результати досліджень доводять, що прикорневий ґрунт рослин *T. rubens* аделопатично активніший із гальмуючим характером впливу на проростки амаранту, у порівнянні із *T. repens*. Суттєве інгібування ґрунту рослинами *T. rubens* у фазі квітання становить 76,0 %, змінюється несуттєвою дією 97,45 % у фазі плодоношення та має інгібуючу дію – до 70,73 % на кінець вегетації. На відміну від попередньої тенденції, біологічно-активні речовини ґрунту рослин *Trifolium repens* у фазі квітання практично не впливають на тест-рослини (101,0 %) та несуттєво стимулюють (107,0 %) у фазі плодоношення, та відчутно інгібують (83,46 %) у кінці вегетації (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Аделопатична активність ризосферного ґрунту *Trifolium*, % до контролю

Отже, виявлено, що дія прикореневого ґрунту досліджуваних видів рослин переважно інгібуючого характеру. Коліни *T. rubens* виявились активнішими інгібіторами, ніж у *T. repens*, оскільки їх алелопатична дія пригнічувала тест-рослини майже на 30,0 %, в порівнянні із контролем. На відміну від *T. rubens*, у *T. repens* максимальні показники пригнічення тест-рослин не перевищували 16,54 %, у порівнянні із контролем.

Відомо, що протягом вегетаційного періоду у прикореновому ґрунті відбувається природне накопичення виділень кореневої системи, що відповідно і призводить до збільшення алелопатичної активності як *T. rubens*, так і *T. repens* саме на кінець вегетації рослин.

Екстракти досліджуваних рослин *Trifolium* суттєво впливають на проростки амаранту, характер їх дії суто інгібуючий. Виключення становить екстракт *T. rubens* концентрації 1:100 під час квітання, дія якого була стимулюючою із показниками 113,64 % (рис. 1.7).

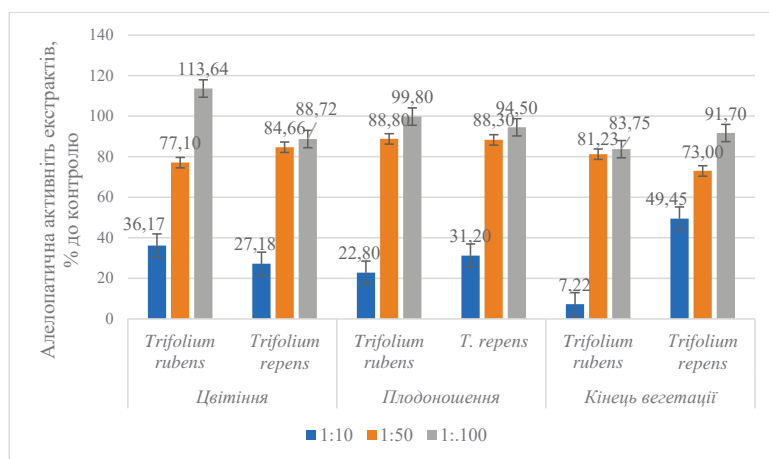


Рис. 1.7. Алелопатична активність екстрактів рослин роду *Trifolium* залежно від концентрації (1:10, 1:50, 1:100) та фаз вегетації, % до контролю

У процесі досліджень встановлено, що сила дії екстрактів перебуває у прямій залежності від їх концентрації та від фаз вегетації рослин (рис. 2). Найсильніша інгібуюча дія – 7,22 % проявилась наприкінці вегетації у тотальному пригніченні приросту кореня проростків амаранту екстрактом *T. rubens* за умови, що розчин був у концентрації 1:10. Крім того, сильна інгібуюча алелопатична дія – від 22,80 до 36,17 % – зафіксована, незалежно від виду *Trifolium*, за умови, що концентрація екстрактів становила 1:10. Середні показники – від 73,0 до 88,8 % – при концентрації 1:50. І помірна інгібуюча дія – від 83,75 до 99,8 % – зафіксована при концентрації екстракту 1:100.

Отже, зі збільшенням концентрації екстрактів рослин роду *Trifolium* їхня алелопатична активність відповідно збільшується. Найсприятливішим періодом для інгібуючої алелопатичної активності *T. repens* (27,18 %) виявилась фаза квітання, період фізіологічної активності рослин, для



*T. rubens* (7,22 %) – кінець вегетації, час, коли накопичується максимальна кількість отруйних біологічно активних сполук у прикореневому ґрунті.

Не можна не врахувати те, що рослини роду *Trifolium* є азотфіксуючими видами. Внаслідок фіксації атмосферного азоту вони здатні сприяти розвитку сусідів у змішаних посівах або у фітоценозах, що відповідно не вигідно для них самих. В умовах культури у *T. rubens* виявлено утворення специфічних бульбоподібних потовщень на коренях переважно у прегенеративних рослин (рис. 1.8).



Рис 1.8. Бактеріориза на коренях *Trifolium rubens* L

Це явище частіше спостерігалось у рослин, що вирощувались на бідних на азот супіщаних ґрунтах. Спостереження підтверджують позитивний вплив бактеріориза на ріст молодих рослин і її роль у адаптивній стратегії виду.

Таким чином, природні місцезростання *Trifolium rubens* L. в Україні знаходяться переважно у західній частині зони широколистяних лісів, у районах із помірним і достатнім зволоженням. Зменшення опадів, за умов кліматичних змін у бік аридизації, буде мати негативний вплив на поширення виду та нормальний ріст і розвиток рослин.

*T. rubens* трапляється у ксеромезофітних угрупованнях класів *Festuco-Brometea*, *Molinio-arrrhenatherea* та *Trifolio-Geranietea*. В Україні популяції *T. rubens* не є вельми численними, трапляються спорадично невеликими куртинами, групами від кількох особин до кількох десятків, часто на схилах південної і південно-східної експозицій.

Особини проходять повний цикл розвитку від утворення насіння до старіння. Прегенеративний період онтогенезу у *T. rubens* триває переважно сезон. Затримка у формуванні генеративних рослин свідчить про неоптимальність умов зростання рослин та небезпеку їх загибелі.

Для даних моніторингу популяцій можливо використовувати співвідношення між пагонами різних типів розвитку на одиниці площі, оскільки цей показник цілком відображає ступінь розвитку рослин, успішність утворення насіння та перспективи подальшого розвитку популяції.

Алелопатичні властивості прикореневого ґрунту та екстрактів надземної маси рослин показали суттєву активність із гальмуючим характером впливу. Велика надземна маса *T. rubens* є засобом виживання рослин шляхом стримування конкуренції з боку інших рослин, а отже її знищення в період вегетації в природних місцезростаннях буде прискорювати елімінацію виду. Відсутність або зменшення кількості опадів у осінньо-зимовий період, внаслідок кліматичних змін, буде зменшувати алелопатичний вплив *T. rubens* на конкурентів та розвиток потужної надземної маси у особин, що негативно вплине на його фітоценотичну стійкість. Спостереження підтвердили позитивний вплив бактеріоризи на ріст рослин *T. rubens*, особливо у молодому віці, і її роль у адаптивній стратегії виду.

Досвід успішного вирощування *T. rubens* у культурі, за межами природного ареалу свідчить про перспективність його культивування *ex situ*, ефективної охорони та здійснення заходів з репатріації та відновлення популяцій в Україні.

### **1.3. Регресивна динаміка ареалів деяких рідкісних видів в умовах глобальних змін клімату та антропогенної трансформації умов середовища**

Вивчення динаміки поширення рідкісних видів, встановлення впливу сучасних негативних антропогенних і природно-кліматичних факторів на їх поширення – особливо важливі для розробки заходів з охорони цих видів на популяційному та ценотичному рівнях.

Об'єктом досліджень були локальні популяції модельних гранично-ареальних рідкісних та інвазійних видів флори України. Детальний аналіз географічного поширення та умов місцезростань видів в нашій країні наведено на основі літературних та гербарних даних, матеріалів експедиційних досліджень. Вивчено матеріали гербаріїв KW, KWNA, KWU, LW, CHER, LWS, LUM, LE та Рівненського краєзнавчого музею, матеріалів електронних баз даних BGIF, iNaturalist.

Експедиційними дослідженнями були охоплені різні райони Полісся та Лісостепу України. Фітоценологічні описи, виділення асоціацій та вивчення популяцій проводилось за методикою, прийнятою у Східній Європі. Латинські назви рослин наведено за електронною базою даних International Plant Name Index.

*Moneses uniflora* (L.) A. Gray – рідкісний вид флори ряду країн Європи, занесений до Червоних книг Білорусі і Великобританії та Червоних списків Данії, Люксембургу, Німеччини, Угорщини, Швейцарії. В Україні цей вид

занесено до офіційних списків регіонально рідкісних видів рослин Волинської, Житомирської, Київської, Рівненської та Хмельницької областей. В нашій країні цей вид вивчений недостатньо. Відсутність детальних даних щодо хорології та умов місцезростань *M. uniflora* є перешкодою у справі його науково обґрунтованої охорони в Україні. Метою наших досліджень було вивчення закономірностей географічного поширення та умов місцезростань *M. uniflora* в Україні.

*M. uniflora* – циркумполярний бореально-монтанний вид, еволюційно та екологічно пов'язаний з лісовими формаціями темнохвойної тайги. Основні частини його ареалу охоплюють тайгові регіони Євразії – від Феноскандії і гір Центральної Європи до південної частини Далекого Сходу, Сахаліну і острова Хоккайдо; та Північної Америки – від Лабрадору, Гренландії і східної частини Канади до Каліфорнії, Арізони і Нью-Мексико. Окремі ексклави ареалу *M. uniflora* є у Великобританії (Шотландії), в Піренеях, в Криму, на Кавказі, в горах Малої та Середньої Азії, на Камчатці, в Кашмірі та на Тайвані (Meusel et al., 1965; Hultin, Fries, 1986; Ellenberg H., Leuschner, 2010).

В Українських Карпатах та на Поліссі локалітети *M. uniflora* є частиною обширної європейської географічної популяції виду і перебувають поблизу південної межі його ареалу у Східній Європі. В Українських Карпатах географічне поширення *M. uniflora* обмежено темнохвойним висотним поясом, де він досягає висоти 1500 м. На рівнині південна межа його ареалу співпадає з межею між Поліссям та Лісостепом. В минулому вид був поширений і південніше від цієї межі, про що свідчать зафіксовані в ХІХ – на початку ХХ століття його окремі локалітети в околицях Харкова та на Запоріжжі, які до нашого часу, очевидно, не збереглись. За тисячу кілометрів від Карпат та Полісся розміщений невеликий ексклав ареалу *M. uniflora* в горах Криму – на Кримській, Ай-Петринській та Нікітській яйлах, на Бабуган-яйлі та на Гурзуфському сідлі.

*M. uniflora* – характерний вид бореальних хвойних лісів Євразії та Північної Америки, який частіше зустрічається в темнохвойних ялинових лісах і дещо рідше у світлохвойних соснових лісах. У тайгових ялинниках *M. uniflora* відзначається високою постійністю і зростає разом з *Circaea alpina*, *Huperzia selago*, *Goodyera repens*, *Linnaea borealis*, *Lycopodium annotinum*. В подібних умовах зростає *M. uniflora* в Карпатах. Нами зафіксовано локалітет цього виду поблизу міста Свалява та Закарпатті в угрупованні *Vaccinio-Pinetea*. Разом з ним у цьому ялиновому лісі зростали *Vaccinium myrtillus*, *Lycopodium annotinum*, *Pyrola rotundifolia*, *Ortilia secunda*. Суцільний моховий покрив утворений *Plurozium schreberi*. У горах Криму *M. uniflora* зростає переважно в соснових лісах із *Pinus pallasiana*.

Рівнинні місцезростання *M. uniflora* на Українському Поліссі приурочені до соснових лісів (Барбарич, 1957). На Житомирському Поліссі у Глиннівському лісництві Рокитнівського держлісгоспу Рівненської області нами зафіксовано зростання *M. uniflora* в березово-сосновому лісі чорницевого (*Betuleto-Pinetum myrtilloides*) на території ботанічної

пам'ятки природи “Юзефінська дача”, що ввійшла до новоствореного національного природного парку “Пуща Радзивілла” (рис. 1.9).



Рис. 1.9. *Moneses uniflora* (L.) A. Gray, Глиннівське лісництво, Рівненська обл.

Основа деревостану сформована *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Betula pubescens*. Незначну участь у деревостані беруть *Alnus glutinosa*, *Quercus robur*, *Populus tremula*. Середній вік деревостану – 70 років. Підлісок утворений переважно *Pinus strobus*, віком від 1 до 30 років, насіння якої постійно проникає від вікових веймутових сосен, які зростають в розміщеному поряд дендрарії.

На Лівобережному Поліссі в заповідному урочищі Копачівська Дача у 28 кварталі Краснянського лісництва на Чернігівщині *M. uniflora* входить до складу асоціації *Pinetum hylocomiosum*. Куртина *M. uniflora* займає площу 2 м<sup>2</sup>. До її складу входить 30 генеративних та 80 вегетативних пагонів. Мозаїчне розміщення та малі розміри популяції *M. uniflora*, очевидно обумовлені консортивними зв'язками виду із грибами родів *Tylaspora* та *Amphinema*. При відсутності таких грибів неможливе проростання насіння, ріст та розвиток *M. uniflora* (Hynson et al., 2015).

Антропогенний вплив на природне середовище порушує консортивні зв'язки між рослинами та грибами і призводить до деградації та елімінації популяції *M. uniflora*. Так в Шотландії зникло 28 локалітетів виду у зв'язку з вирубкою старих соснових лісів та трелювання деревини. На лісових плантаціях *M. uniflora*, як правило, не приживається.

Інтенсивне ведення лісового господарства, особливо тотальне вирубування лісів в Карпатах та на Поліссі в останні десятиріччя, ставить під загрозу існування локальних популяцій *M. uniflora* в Україні. Значної шкоди популяціям виду завдано в ході перекопування ґрунту та гірських порід заради пошуків бурштину у Західному Поліссі. Зміщення поверхневого шару ґрунту призводить до винищення рослин та до порушення консортивних зв'язків між ними та грибами, які в деградованих лісових екосистемах вже не зможуть відновитись. У зв'язку з цим охорони потребує кожна збережена популяція *M. uniflora*, виду який заслуговує занесення до нового видання Червоної книги України.

***Daphne sneorum* L. (Thymelaceae).** Детальне вивчення географічного поширення та стану популяцій рідкісного виду флори *Daphne sneorum* L. (рис. 1.10) в історичному аспекті від початку флористичних досліджень до наших днів дозволило встановити динаміку ареалу цього виду в нашій країні. Аналіз фітогеографічних та палеологічних даних щодо історії становлення ареалу *D. sneorum* в Європі, показав, що цей вид є міграційним реліктом (в сенсі В. Шафера). Як третинний релікт, *D. sneorum* зберігся на Волино-Подільській височині і з цього рефугіуму мігрував на Поліську та Придніпровську низовини і Придніпровську та Люблінську височини в міжльодовиковому та післяльодовиковому періодах. Українська частина ареалу *Daphne sneorum* складається з двох відособлених фрагментів – Волино-Подільського та Придніпровського. Диз'юнкція між ними виникла в результаті невідповідності екологічних умов Поліського масиву Українського щита фізіологічним потребам *D. sneorum*. Сформовані на кристалічних породах кислі ґрунти Житомирського Полісся є невідповідним субстратом для кальцієфільного виду *D. sneorum* і бар'єром для його географічного поширення в цьому регіоні.



Рис. 1.10. *Daphne sneorum* L

Диз'юнкції поміж волино-подільською та польською і білоруською частинами ареалу утворились під впливом антропогенних факторів.

В останньому столітті в Україні відбувається інтенсивна деградація популяцій та фрагментація ареалу *D. sneorum*. Вирубка лісів, заростання лісових екоотопів чагарниками та листяними деревами, терасування степових схилів та насадження на них листяних дерев, видобуток крейди та збір рослин для букетів призвели до регресивних змін ареалу виду в Україні.

Низька насіннева продуктивність *D. sneorum* в Україні пов'язана з недоброякісним пилокком. У зв'язку з цим відмирання рослин не компенсується поповненням і в антропогенно порушених місцезростаннях відбувається повна елімінація популяцій *D. sneorum* зі складу флори Розточчя, Волинської височини та Кременецьких гір. Оскільки абсолютний заповідний режим неефективний для популяцій *Daphne sneorum*, необхідно розробити природоохоронний менеджмент цього виду в природних місцезростаннях.

***Sarothamnus scoparius* (L.) W.D.J.Koch.** На початку нового тисячоліття дедалі виразнішою стає тенденція глобальних кліматичних змін, які називають глобальним потеплінням. Живі організми чутливо реагують на такі зміни, що проявляється на популяційному, видовому та екосистемному рівнях. З огляду на це актуальним завданням сучасної екології є розроблення наукових основ охорони біологічного різноманіття в умовах потепління клімату. На особливу увагу заслуговують види, які розширюють свої ареали під впливом потепління. Вивчення їх сучасного стану в Україні може бути підґрунтям для проведення моніторингу популяцій. До таких видів у складі флори України належить *Sarothamnus scoparius* (L.) W.D.J.Koch. (рис. 1.11).



Рис. 1.11. *Sarothamnus scoparius* (L.) W.D.J.Koch

*S. scoparius* – субатлантичний елемент флори Європи. Його природний ареал займає простір від Ірландії до Білорусі та України, від півдня Скандинавського півострова до півдня Піренейського, Апеннінського та Балканського півостровів. Дискусійним є питання про східну межу ареалу виду.

Установлено, що в XIX столітті цей вид не входив до складу природної флори Східної Європи, а був відомий лише в культивованому вигляді. З місць культивування *S. scoparius* проникнув у природні екосистеми. У другій половині XX століття значно зростають темпи міграції виду на схід, що зумовлено потеплінням клімату та інтенсивними антропогенними змінами природного середовища.

Із кінця XIX до початку XXI століть відбулося підвищення температури повітря в позатропічних широтах на 0.8°C. У середині 70-х років минулого століття потепління в Північній півкулі відбувається з більшою інтенсивністю, ніж у попередні роки і триває дотепер. Такі кліматичні зміни посприяли просуванню субатлантичного виду *S. scoparius* на схід, де він знайшов відповідні екотопи в антропогенно порушених екосистемах, площа яких в Україні зростає. Масове вирубування лісів в останні десятиріччя, припинення експлуатації колишніх колгоспних полів наприкінці минулого і на початку нинішнього тисячоліть, наявність великої кількості кар'єрів і відвалів гірських порід – усе це призводить до утворення великої кількості антропогенно-порушених екоотопів, сприятливих для росту і розвитку *S. scoparius* та розширення його ареалу в східному напрямку.

Як свідчить досвід вирощування *S. scoparius* у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка та наші спостереження в природі, інтенсивному просуванню *S. scoparius* на схід перешкоджають сильні зимові морози та літня засуха. У ботанічному саду рослини *S. scoparius* висаджено восени 2007 р. на ботаніко-географічній ділянці “Ліси рівнинної частини України”. Сильні морози зими 2007–2008 рр. призвели до відмирання четвертої частини насаджень. Рослини, які вижили, добре цвіли та плодоносили. Однак сильна засуха в середині літа 2008 р. спричинила відмирання половини рослин. Унаслідок морозних зим 2008–2009 рр. відбулося нове відмирання дорослих рослин. Вижили лише рослини нової генерації, вирощені з насіння, зібраного у 2008 р.

Після суворих зим у природі спостерігаємо почорніння стебел *Sarothamnus scoparius* і їх відмирання, однак у наступному вегетаційному сезоні відбувається вегетативна регенерація значної частини популяції. Таке явище ми спостерігали в околицях станції Мостиська на Львівщині у 2010–2011 рр. Очевидно, сильні зимові морози та літні засухи дещо сповільнюють, але не зупиняють міграцію *S. scoparius* на схід. На Поліській низовині ця міграція відбувається широким фронтом по антропогенно порушених екотопах різних екосистем, а на Волино-Подільській височині – переважно по долинах рік. Така відмінність, напевно, пов'язана з різними показниками

вологозабезпеченості обох регіонів. Поліська низовина є більш зволеним регіоном, ніж Волино-Подільська височина, тому її кліматичні умови сприятливіші для росту і розвитку субатлантичного виду *S. scorpius*.

**Моделювання лісової рослинності в умовах культури на ботаніко-географічній ділянці “Українські Карпати” НБС імені М.М. Гришка НАН України.** Українські Карпати відзначаються багатством і своєрідністю рослинного покриву. У Карпатських горах, які займають площу лише 6,1 % території України, зростає понад 2000 видів квіткових і вищих спорових рослин, що становить майже половину видового складу флори України. Серед них багато реліктів, що збереглися тут з минулих геологічних епох, ендеміків, альпійських рослин, поширених у горах Центральної Європи.

Неоднорідність умов зростання в гірських умовах зумовила у рослин високу пластичність до факторів середовища, яка сприяє інтродукції рослин у нові регіони за межі їхніх природних ареалів. Ботаніко-географічна ділянка “Українські Карпати” Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України – яскраве підтвердження цього.

Ділянка розташована на горбистій місцевості дніпровських круч, доповнених штучно насипаними вершинами карпатських гір. Площа ділянки – 6 га. Значний перепад висот, схили з північною та східною експозицією, які є досить затіненими і вологими стали хорошою основою для моделювання висотної поясності Карпат.

Пояс хвойних лісів Карпат відтворено на площі 0,9 га. Верхній ярус цих лісів був сформований ялиною європейською (*Picea abies*) та ялицею білою (*Abies alba*). Ялиця регулярно плодоносить, утворює повноцінне насіння, яке розсівається ділянкою і рясно проростає. Дерево стійке проти шкідників а також посуховитривале.

На жаль, ялина європейська майже повністю випала з ділянки через масове ураження короїдом – жуком-типографом. Відомо, що ялина має поверхневу кореневу систему і дуже вибаглива до вологи. За даними В.І. Мельника (1993), в умовах Полісся природні острівні ялинники розташовані в екотоні між лісовими та болотними екосистемами, по долинах лісових струмків, що з’єднують в єдину гідрологічну систему болотні системи між собою або з озерами та річками. Лісові культури ялини, які висаджені на плакорах значно менш стійкі та уражуються кореневою губкою або жуками короїдами. Відсутність на ділянці системи поливу, аномально посушливі й жаркі погодні умови протягом останніх 10 років, невідповідність едафічних умов призвели до значного ослаблення ялинових насаджень на ділянці і, як наслідок, до подальшого масового ураження насаджень жуком-короїдом.

З метою відновлення втрачених насаджень поясу хвойного лісу на ділянці висаджено саджанці *Abies alba*, *Picea abies*, *Larix decidua*, *Taxus baccata* попередньо вирощені на шкільці до оптимальних розмірів (60–90 см) (рис. 1.12).





Рис. 1.12. Відновлення виділу хвойного лісу на ботаніко-географічній ділянці “Українські Карпати” в НБС імені М.М. Гришка НАН України

В умовах регулярного поливу та мульчування ґрунту, саджанці успішно прижились і дали хороший річний приріст від 20 до 50 см. Висаджені в січні 2019 р. крупномірні саджанці *Picea abies* успішно прижилися завдяки інтенсивному поливу. Насадження *Picea abies* доповнює сформоване в попередні роки молоде насадження іншого виду *Abies alba*. Таким чином, на ділянці “Українські Карпати” сформовано насадження основних лісоутворюючих хвойних видів Карпат. Задля більшої фітоценотичної стійкості воно доповнене поодинокими широколистяними деревами *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Prunus avium*, *Quercus robur*. В ярусі підліску окремими куртинами представлено насадження *Taxus baccata*. Освітлення ділянки сприятливо вплинуло на популяційні показники деяких домінуючих видів трав’янисто-чагарничкового ярусу. Зокрема, збільшилась площа, кількість особин, щільність і проективне покриття в інтродукційних популяціях декоративних рідкісних видів *Telekia speciosa*, *Salvia glutinosa*, *Aruncus dioicus*.

Чагарниковий ярус виділу доповнено кущами *Taxus baccata*, *Syringa josikaea*, які теж прижились і дали нормальний річний приріст пагонів. У центрі виділу зростає інтродукційна популяція центральноєвропейського виду чагарників *Rubus hirtus*. Під пологом ялини вид поводився як типовий асектатор, завдяки частковому освітленню ділянки змінив стратегію, ставши едифікатором. Його популяція зазнає прогресивних змін, збільшується її площа, щільність особин і проективне покриття. Вид *Viburnum lanthana* навпаки – під покривом ялинового і букового насадження рясно плодоносив із подальшим формуванням молодого підросту у вигляді поодиноких особин і куртин площею 4–9 м<sup>2</sup>. Наразі популяція виду через освітлення і ксерофітизацію мікрокліматичних умов ділянки зазнає регресивних змін: різко знизилася плодоношення, не

формується молода генерація. Імовірно, після формування пологів лісу популяційні показники *Viburnum lanthana* знову стабілізуються.

Простежено динаміку рідкісних видів рослин, які на ділянці утворили інтродукційні популяції. Види *Allium ursinum*, *Fagus sylvatica*, *Lunaria rediviva*, *Viburnum lantana*, *Picea abies*, *Rubus montanus* зазнають регресивних популяційних змін. Окремі види утримують стійкі популяційні позиції, серед деревних рослин до них належать: *Abies alba*, *Rubus hirtus*, ліана *Hedera helix*; серед трав'янистих – *Aruncus dioicus*, *Centaurea mollis*, *Dentaria glandulosa*, *Geranium phaeum*, *Helleborus purpurascens*, *Scilla bifolia*, *Symphytum cordatum*. Інтродукційні популяції видів *Telekia speciosa*, *Salvia glutinosa* прогресують зі збільшенням кількості особин, з утворенням нових куртин і популяційних локусів. Рідкісний субсередземноморський вид *Fraxinus ornus*, вирощений із насіння, досяг генеративного віку, рясно цвіте та плодоносить.

Таким чином, протягом останнього сторіччя в Україні відбувається інтенсивна деградація популяцій та фрагментація ареалу *D. sneorum*. Антропогенне навантаження призвело до регресивних змін ареалу виду в країні. У зв'язку з низькою насінневою продуктивністю, відмирання рослин не компенсується поповненням і в порушених місцезростаннях відбувається повна елімінація популяцій *D. sneorum*. Для збереження *D. sneorum* абсолютний заповідний режим є неефективним, тому потрібно удосконалити заходи з охорони цього виду в природних місцезростаннях з урахуванням локальних умов зростання. Як рідкісний вид флори Європи, занесений до Червоних книг або списків 15 країн, *D. sneorum* заслуговує на занесення до Європейського червоного списку.

Аналіз географічного поширення і умов місцезростань *S. scoparius* в історичному аспекті та вивчення його сучасного стану в Україні переконливо показують його належність до кенофітів та ергазіофітів нашої флори, ареал якого інтенсивно розширюється на східному напрямку через потепління клімату. Таким чином, *S. scoparius* є чутливим індикатором потепління, а його популяції можуть бути зручними моделями для проведення моніторингу за змінами рослинності внаслідок кліматичних змін.

#### **1.4. Оцінка і прогнозування впливу інвазійних видів на функціонування біотичної складової екосистем на прикладі НБС імені М.М. Гришка НАН України**

Фітоінвазії є одним із негативних наслідків антропогенного впливу, що проявляються у експансивному розповсюдженні чужорідних видів рослин. Збільшення адвентивного компоненту в регіональних флорах та прояв специфічного впливу на рослинний покрив різних видів відрізняються за ступенем адаптації до умов нової території.

Поширення інвазійних рослин часто пов'язане із інтродукційною роботою і тому здичавілі інтродуценти стають постійним компонентом

рослинного покриття ботанічних садів та інших осередків інтродукції рослин.

На прикладі спонтанної флори НБС імені М.М. Гришка НАН України проаналізовано існуючі системи оцінки ризику. Головними факторами оцінки потенційної інвазійної здатності інтродуцента є відомості про його інвазійний характер в сусідніх регіонах і досягнення стадії плодоношення та успішного спонтанного розмноження в умовах культури.

На території ботанічного саду зареєстровано 143 види здичавілих інтродуцентів (втікачі з культури), які в умовах ботанічного саду переважно успішно розмножуються насінням, значно рідше і вегетативно, та завдяки цьому експансивно розповсюджуються. Із числа цих видів 32 – перебувають у переліках інвазійних рослин різних країн і регіонів помірної смуги Європи. За результатами багаторічного вивчення спонтанного розповсюдження втікачів з культури у інтродукційних установах України було сформовано головний критерій, що свідчить про дичавіння інтродукованої рослини і її потенційну експансію – фіксація дорослих особин інтродукованого виду у двох і більше спонтанних осередках за межами експозиційної ділянки. Досвід вивчення інвазійно-активних рослин у ботанічних садах і дендропарках свідчить, що найбільшу інвазійну активність проявляють багаторічні втікачі з культури і саме такі рослини становлять найбільшу потенційну загрозу для функціонування природних фітоценозів. Основними конкурентними перевагами багаторічних інвазійних рослин є накопичення великої багаторічної вегетативної маси і підвищена здатність переносити несприятливий зимовий період (Шиндер, 2019).

Саме в умовах первинної інтродукції (переважно в ботанічних садах) чужорідні види рослин здатні вперше проявити схильність до інвазійної спроможності та трансформації фітоценозів, в той час, коли для широкого кола науковців такі їх особливості залишаються невідомими, а тому у переліках інвазійних таксонів нові інтродуценти ще відсутні. Такими втікачами з культури у НБС перебувають на ранніх стадіях експансії: *Clematis vitalba* L., *Lonicera ruprechtiana* Regel, *Phytolacca acinosa* Roxb., *Silphium perfoliatum* L., *Vitis vulpina* L. і деякі інші.

Отже, методика раннього виявлення потенційної інвазійної активності інтродукованих видів рослин включає два головні етапи:

- аналіз колекції живих рослин на предмет наявності серед них видів, які вже перебувають у переліках інвазійно-активних для даного або сусідніх регіонів;
- виявлення у колекції інтродукованих рослин, які мають високі показники акліматизації та проявляють схильність до спонтанного розповсюдження. Інтродуковані види, які в умовах інтродукційної установи були виявлені у двох і більше спонтанних осередках слід розглядати як втікачів із культури.

На прикладі НБС і деяких інших інтродукційних установ відмічено, що важливим елементом попередження потенційних фітоінвазій є вчасне інформування фахівців та громадськості про нові факти натуралізації

інтродукованих чужорідних рослин. Одним із практичних заходів було критичне дослідження дикорослих рослин, включаючи натуралізовані інтродуценти на територіях НБС, Сирецького дендрологічного парку, Державного дендрологічного парку “Олександрія” та ряду інших інтродукційних осередків (Глухова та ін., 2020а, б; Діденко, Шиндер, 2020; Дойко та ін., 2021; Шиндер, 2019, 2021; Шиндер та ін., 2018а, б, 2020, 2021; Шиндер, Дойко, 2020).

Крім установлення переліків інвазійно-активних рослин, вперше для флори України було наведено нові адвентивні види, зокрема: *Kolkwitzia amabilis*, *Malus sieboldii*, *Lonicera × notha*, *Lonicera ruprechtiana*, *Sedum pallidum* та інші. На вже досліджених територіях інтродукційних установ продовжується моніторинг з метою виявлення нових фітоінвазій. Для покращення можливостей інвентаризації біорізноманіття інтродукційних установ, у тому числі моніторингу інвазійних рослин, на базі ресурсу iNaturalist.com було створено кілька інформаційних проєктів, зокрема “Flora of M.M. Gryshko National Botanical Garden” (Шиндер, 2021).

У ході інвентаризації натуралізованих інтродуцентів НБС, досліджена їх інвазійна активність. На основі вивчення досвіду інших інтродукційних установ відмічено, що для вивчення фітоінвазійно-активних інтродуцентів на територіях ботанічних садів і дендропарків автори використовують переважно оригінальні класифікаційні схеми, у яких за основу оцінки рівня інвазійної активності використовувалися здебільшого показники інтенсивності насіннєвого розмноження інтродуцентів.

Також встановлено, що існуючі загальні класифікаційні схеми інвазійних рослин (Протопопова та ін., 2002, 2014; Протопопова, Шевера та ін., 2019) в рамках інтродукційної установи використати важко або практично неможливо, оскільки такі розроблені для вивчення природних і рудеральних фітоценозів, які не є основою інтродукційних установ. Це зумовило потребу у створенні оригінальної зручної схеми для потреб інтродукційних установ.

На прикладі НБС було розроблено класифікаційну схему інвазійної активності адвентивних рослин, у якій використана градація за ступенем їх реальної шкодочинності – негативного впливу на культурфітоценози і природні угруповання та небезпечність для людей і тварин. На даний час із 301 адвентивних рослин у складі дикорослої флори ботанічного саду було виділено 44 шкодочинні таксони, розподілені на 4 основні групи за ступенем їх фітоценотичної активності і 2 додаткові групи (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

**Шкодочинні рослини на території Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України**

А. Рослини-трансформери		С. Частково інвазійно-активні рослини	
1	<i>Acer negundo</i>	26	<i>Anthriscus caucalis</i> M.Bieb.
2	<i>Clematis vitalba</i>	27	<i>Apocynum cannabinum</i> L.

3	<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.	28	<i>Berberis aquifolium</i> Pursh.
4	<i>Parthenocissus vitacea</i> (Knerr) Hitchc.	29	<i>Cornus sanguinea</i> L. subsp. <i>australis</i> (C.A. Mey.) Jáv
5	<i>Solidago canadensis</i> L.	30	<i>Corydalis caucasica</i> DC.
6	<i>Vitis vulpina</i> L.	31	<i>Impatiens parviflora</i> DC.
<b>В. Нові і помірно інвазійно-активні рослини. В1 – прогресуючі</b>		32	<i>Lonicera caprifolium</i> L.
7	<i>Ailanthus altissima</i>	33	<i>Lonicera ruprechtiana</i> Regel
8	<i>Celtis occidentalis</i>	34	<i>Rumex patientia</i> L.
9	<i>Morus alba</i> L.	35	<i>Symphytum asperum</i> Lepech.
10	<i>Phytolacca acinosa</i> Roxb.	<b>D. Потенційно-інвазійні рослини</b>	
11	<i>Phytolacca americana</i> L.	36	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.
12	<i>Reynoutria × bohemica</i> Chrték & Chrtková	37	<i>Echinocystis lobata</i> (Michx.) Torr. & A.Gray.
13	<i>Silphium perfoliatum</i> L.	38	<i>Grindelia squarrosa</i> (Pursh) Dunal
14	<i>Sisymbrium volgense</i> M.Bieb. ex E.Fourn.	39	<i>Menispermum dauricum</i> DC.
15	<i>Tilia × europaea</i> L.	40	<i>Vitis amurensis</i> Rupr.
<b>В2 – локально поширені</b>		<b>Е. Отруйні і небезпечні рослини</b>	
16	<i>Asclepias syriaca</i> L.	36	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>
17	<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb.	41	<i>Conium maculatum</i> L.
18	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall	3	<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.
19	<i>Helianthus tuberosus</i> L.	20	<i>Lycium barbarum</i>
20	<i>Lycium barbarum</i> L.	42	<i>Urtica cannabina</i> L.
21	<i>Reynoutria sachalinensis</i> (F. Schmidt) Nakai	<b>Ф. Карантинні та наркотичні рослини</b>	
22	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	36	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>
23	<i>Thladiantha dubia</i> Bunge	43	<i>Cannabis sativa</i> L.
24	<i>Ulmus pumila</i>	44	<i>Cuscuta campestris</i> Yunck.
25	<i>Vincetoxicum scandens</i> Sommier & Levier.	-	<i>Solanum angustifolium</i> Houst. ex Mill.

Слід звернути увагу, що більшість інвазійно-активних рослин у ботанічному саду становлять здичавілі ергазіофіти – 37 видів. Така тенденція характерна для флори України в цілому і підкреслює необхідність проведення подібних моніторингових досліджень на територіях інтродукційних установ.

Головними характеристиками, які визначають інвазійну активність того чи іншого таксону та відповідно приналежність їх до певної класифікаційної групи є: рясність насінневого розмноження, динаміка територіальної експансії таксону, динаміка зростання чисельності особин у існуючих осередках і поява нових, ценотична роль у структурі рослинного покриву, вплив на інші види рослин. Методи моніторингу: насамперед популяційний та геоботанічний.

Зручність наведеної схеми полягає в її простоті і можливості швидкої зміни інвазійного статусу таксону залежно від особливостей характеру його експансії та стану інвазійних популяцій в даний час. Так, в умовах НБС в останнє десятиріччя інвазійна активність деяких чужорідних рослин зростає, що вимагає більшої уваги до них, а вплив інших рослин, навпаки, зменшився. Прикладом такого виду у ботанічному саду є *Ailanthus altissima*. Цей вид уже довгий час був відомий як високоінвазійна рослина у південних регіонах України та багатьох інших країнах, але у північній смузі Лісостепу до останнього часу переважно не проявляв здатності до експансії, хоча випадки формування ним спонтанного підросту уже фіксувалися у м. Києві. Довгий час кілька особин *Ailanthus altissima* культивувалися у ботанічному саду, не проявляючи інвазійної активності. Але в останнє десятиліття, у зв'язку зі значним продовженням вегетаційного періоду, айлант проявив схильність до активного насінневого розмноження і його сіянці з'являються у різних куточках НБС, насамперед, у важкодоступних. З часом це може сприяти формуванню нових осередків розповсюдження цього інвазійного виду. Активно розповсюджуються в ботанічному саду *Silphium perfoliatum* і *Sisymbrium volgense* і вже зараз в місцях зростання ці види формують монодомінантні угруповання та починають витіснити інші рослини.

Заходи боротьби з інвазійними видами рослин включають превентивні та поточні дії:

- підтримання високого агротехнічного фону культурфітоценозів;
- своєчасне знищення нових осередків появи інвазійних рослин;
- спеціальні довготривалі заходи для боротьби з інвазійними рослинами у стадії неконтрольованої експансії.

Заходи знищення рослин передбачають використання механічних, хімічних та інших засобів. Але в умовах міського середовища використання отруйних та інших речовин, які становлять небезпеку для здоров'я населення, є недопустимим або чітко регульованим. У зв'язку з цим, найбільш дієвим методом боротьби із наявними фітоінвазіями є механічне знищення рослин, а найбільш ефективним є знищення осередків фітоінвазій на початку експансії агресивних рослин. Загалом, високий агротехнічний фон сприяє значному зменшенню інвазійної активності чужорідних рослин, але деякі із них пристосовуються до сезонних господарських робіт і при наявності постійної насінневої бази продовжують експансувати.

Досвід інвентаризації інвазійних рослин у деяких інтродукційних осередках свідчить про високу ефективність цілеспрямованих заходів боротьби з інвазійними рослинами. Інвазійно-активний вид *Ulmus pumila* став експансивно розповсюджуватися у Степу і Лісостепу в останні три десятиліття. У НБС підріст цього виду почав з'являтися у останні 10–15 років, але завдяки ліквідації дорослого дерева *U. pumila* у центральній частині Саду, його експансію вдалося стримати. Проте уже наявні молоді сіянці цього виду важко піддаються викоріненню.

Інвазійно активні види роду *Phytolacca*: *P. acinosa* та *P. americana* активно почали розповсюджуватися в останнє десятиріччя. З метою стримування їх експансії проводилося цілеспрямоване знищення цих рослин за межами експозиційних ділянок, де господарські заходи не запобігали вільному їх плодоношенню, а також важливим заходом було вчасне виявлення сіянів обох видів. Проте, як і у випадку із *Ulmus pumila*, у дорослих особин розвинута потужна коренева система, завдяки чому ці рослини відзначаються високою життєвістю. Враховуючи це, цілеспрямована боротьба з інвазійними рослинами потребує довготривалих зусиль і моніторингу для недопущення повторних інвазій.

Приклади успішного запобігання деяких фітоінвазій відомі у дендропарку “Олександрія”. Так, *Asclepias syriaca* був наведений для дендропарку ще в кінці XIX ст., але уже в 1920-ті роки цей вид не вказувався в інвентарних списках флори, хоча його відмічали в інших місцях у Білій Церкві. Очевидно, що для виведення інвазійної колонії *A. syriaca* були застосовані цілеспрямовані заходи. Ще один вид – *Heracleum sosnowskyi* нещодавно було занесено на територію дендропарку, але після ідентифікації рослин їх осередок було ліквідовано.

Таким чином, проведені дослідження у інтродукційних установах свідчать, що проблема фітоінвазій нерозривно пов’язана із інтродукцією рослин. Велике значення у боротьбі з фітозабрудненням має вчасне виявлення нових інвазій та інформування про це ботанічної спільноти. Основою для цього є інвентаризація спонтанних флор інтродукційних установ, яка дозволяє встановити таксономічне різноманіття чужорідних рослин і виділити інвазійну фракцію. Моніторинг і вчасне реагування на появу нових заносів чужорідних рослин дозволяє успішно запобігати їх інвазіям або принаймні ефективно стримати.

## РОЗДІЛ 2

### МОРФОЛОГО-АНАТОМІЧНІ ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ТРОПІЧНИХ БІОМІВ ЗА УМОВ СТРЕСУ, ІНДУКОВАНОГО В ДВОХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МОДЕЛЯХ (*IN VIVO* ТА *IN VITRO*) (НА ПРИКЛАДІ ПРЕДСТАВНИКІВ ПОРЯДКУ ASPARAGALES)

---

Зміна клімату є багатовекторним процесом, який включає зміну концентрації парникових газів у атмосфері, підвищення температури, зміни характеру опадів та збільшення частоти екстремальних погодних явищ (Gray & Brady, 2021; Yaoqi Li et al., 2020). Ці зміни клімату впливають на рослини на молекулярному рівні, на рівні процесів онтогенетичного розвитку, морфологічної структури та фізіолого-біохімічного статусу. Реакція розвитку рослин на зміну навколишнього середовища може відбуватись через зміну часу настання окремих фаз у розвитку рослини (фенологія, онтогенез), а також через зміну остаточного “формату” структури окремих органів та всієї рослини.

Зміни клімату та стрімкі темпи урбанізації негативно впливають на загальний стан біосфери планети. Глобальне руйнування первинного рослинного покриву та швидке збіднення аборигенних флор сьогодні призводить до катастрофічного за своїми темпами вимирання ендемічних видів рослин та тварин. Небезпека винищення окремих таксонів та цілих екосистем ще ніколи не була такою реальною. За минулі 100 років було розчищено більше земельних площ для осілого землеробства, ніж за всі попередні тисячоліття існування людства. Доречно зазначити, що за історію розвитку цивілізації знищено близько 2 млрд. га продуктивних земель, це більше, ніж сучасна площа орних земель. Все це негативно позначається на стані біоти загалом та рослин як складового її елементу.

В особливо небезпечному становищі зараз опинилися представники тропічної та субтропічної флор, оскільки активне освоєння людиною природних ресурсів цього регіону розпочалося відносно недавно: лише 150–200 років тому.

Наразі одним із шляхів збереження біорізноманітності у світовому масштабі є подолання проблем, що призводять до його втрати, зокрема, через обмеження швидкості та масштабу змін клімату. Разом із тим, не маючи об’єктивної можливості впливати на швидкість розвитку кліматичних змін у світі, ботанічні сади помірної зони, в т.ч. ботанічні сади України, можуть опосередковано зменшувати негативні наслідки впливу змін клімату на втрату біорізноманіття, виконуючи науково-дослідницькі проекти, спрямовані на збереження за умов штучного клімату видів рослин тропічної флори, розробку методів розмноження та



кріоконсервації гермоплазми, створення своєрідних репозитаріїв зразків рослин, які є неocenними носіями корисних ознак.

У сучасному світі будь-яка стратегія розвитку задля свого тривалого функціонування має використовувати комбінацію методів, які б забезпечували її ефективність, безпечність та рентабельність. Це повною мірою стосується стратегії збереження біологічного різноманіття.

Ботанічні сади є осередками зі збереження, вивчення та розмноження рідкісних, корисних та унікальних рослин. На сьогодні основна частина генетичних ресурсів флори зберігається класичними методами (колекції живих рослин, насіння), які потребують модернізації. Саме тому, значення колекцій живих рослин (у т.ч. *in vitro*) які зберігаються із застосуванням сучасних, інноваційних підходів, постійно зростає. Серед інших переваг такого способу збереження гермоплазми можна вказати наступне:

- можливість ефективної підтримки (відновлення та примноження) колекції тропікогенних рослин *ex situ*; розробку технологічних протоколів розмноження рідкісних та цінних видів рослин; потужна наукова база для з'ясування як практичних аспектів, пов'язаних з ефективним використанням, так і фундаментальних біологічних питань, можливість обміну за делектусами;
- методична та навчальна база, де постійно виконуються як конкурсні МАН, так і курсові та дипломні роботи провідних ВНЗ Києва; утримання та постійне оновлення банку стерильних культур.

Морфологічні зміни листка є ключовим індикатором відповіді рослини на кліматичні зміни. Розмір листка та його форма пов'язані із обміном карбону, води та енергетичним обміном між рослинами та їхнім середовищем (Yaoqi Li et al., 2020).

Надзвичайно важливу роль у підтриманні водного балансу рослин та забезпеченні газообміну, реакції рослин на зовнішній стрес, насамперед на водний дефіцит, виконує продиховий апарат (Willmer, 1983; Netherington, Woodward, 2003). Клітини епідермісу листків беруть участь в регулюванні транспірації й поглинанні CO<sub>2</sub>, захисті від сонячної радіації, газових викидів та шкідників (Мирославов, 1993; Barthlott, 1981).

Детальне вивчення поверхневих структур листка має вирішальне значення для розуміння взаємодії рослина/мікроорганізм, даючи змогу передбачити швидкість процесів поглинання препаратів, які наносяться на листки, чи полютантів, що містяться в оточуючому середовищі, відборі рослин, резистентних до стресів, таких як посуха.

Дані мікроморфологічних досліджень поверхні листка можуть бути використані для моніторингу змін клімату.

Тому метою проведеної роботи було дослідження модульної організації, порівняльної морфології та анатомії, особливостей репродукції за умов *in vivo* та *in vitro* різних представників порядку Asparagales, які мають тропікогенне походження: *Sansevieria* Thunb. (Asparagaceae), *Calanthe* R.Br., *Guarianthe Coelogyne* Lindl., *Paphiopedilum* Pfitz., *Phragmipedium* Rolfe (Orchidaceae Juss.). Крім того, для порівняння типів життєвих

стратегій, зокрема, пристосувань до подолання водного дефіциту було використано представників роду помірних широт – *Cypripedium* L.

Мета роботи передбачала виконання наступних завдань: 1) з'ясування особливостей біології та аналіз сучасного стану методик отримання та введення в культуру стерильних тканин представників підроду *Cypripedioideae* Lindl. (Orchidaceae Juss.); 2) опрацювання методологічних основ введення рослин *Sansevieria* Thunb. (Asparagaceae); 3) дослідження анатомічної будови листка та мікроморфології поверхні листкової пластинки дослідних видів для виявлення біологічних ознак-маркерів, що можуть бути використані для оцінки впливу абіотичного стресу (зокрема, водного); 4) опрацювання методів насінного та клонального розмноження представників роду *Paphiopedilum* в умовах асептичної культури; 5) дослідження фізіолого-біохімічних особливостей метаболізму орхідних за дії знижених температур на прикладі ювенільних рослин трьох видів (*Calanthe cardioglossa*, *Guarianthe bowringiana*, *Paphiopedilum appletonianum*), розмножених з насіння *in vitro*.

Таким чином, було досліджено модульну організацію, фенологічні особливості, морфологію та анатомію, особливості систем репродукції за умов *in vivo* та *in vitro* представників різних родин порядку Asparagales (Asparagaceae (*Sansevieria* Thunb.), Orchidaceae (*Calanthe* R. Br., *Coelogyne* Lindl., *Guarianthe* Dressler & W.E. Higgins, *Paphiopedilum* Pfitz.). Здійснено пошук біологічних маркерів стресу для оцінки впливу змін клімату на рослини. Проведено аналіз таксономічного складу колекції представників порядку Cusadales як однієї із найбільш загрожуваних груп рослин за умов глобальних змін клімату.

Зокрема, було досліджено мікроморфологію поверхні листка (щільність продихів, тип та розміри продихового апарату) рослин різних систематичних груп (Asparagaceae, Orchidaceae).

Проведено порівняльний анатомо-стоматографічний аналіз листків модельних видів рідкісних видів орхідних у двох експериментальних моделях (*in vivo* та *in vitro*), в результаті чого було виявлено структурні маркери, які дадуть змогу оптимізувати методи розмноження та постасептичної адаптації рослин, розмножених в умовах культури *in vitro*, що є слабкою ланкою біотехнологічних розробок, а відтак і вдосконалити існуючі методи депонування рідкісних та зникаючих видів тропікогенних флор у штучних умовах на різних етапах розвитку спорофіта та гаметофіта.

За допомогою методів світлової та сканувальної електронної мікроскопії досліджено анатомічну будову листка та мікроморфологію поверхні листкової пластинки *Coelogyne viscosa* Lindl. (Orchidaceae) для виявлення біологічних ознак-маркерів, що можуть бути використані для оцінки впливу абіотичного стресу, зокрема, водного (щільність продихів, продиховий індекс, наявність трихомів, наявність епікутикулярного воску).

Було проведено комплекс науково-пошукових робіт із зібранням представників Cypripedioideae в умовах *ex situ* та стерильної культури. Було розширено перелік таксонів *Paphiopedilum* Pfitzer. та *Phragmipedium*

Rolfe, які входять до банку стерильних культур НБС імені М.М. Гришка НАН України. На основі літературних даних та власних експериментальних досліджень було вивчено початкові етапи індивідуального розвитку представників підродини *Cypripedioideae* (*Paphiopedilum* та *Cypripedium*) *in vitro*. Узагальнено відомості щодо тенденцій досліджень у цьому напрямку, сформульовано спільні та відмінні аспекти особливостей розвитку та культивування *in vitro* представників *Cypripedioideae*, пов'язаних із відмінностями біологічного та екологічного характеру, виділено проблемні методологічні моменти стерильної культури, що потребують подальшого вирішення.

На прикладі ювенільних рослин трьох видів тропічних орхідних – *Calanthe cardioglossa* Schltr., *Guarianthe bowringiana* (J.H. Veitch ex O'Brien) Dressler & W.E. Higgins, та *Paphiopedilum appletonianum* Rolfe було досліджено вміст про-антиоксидантів (СОД, МДА) у листках з метою пошуку маркерів ранньої діагностики стресу за низькотемпературної адаптації.

На основі аналізу наявної інформації щодо біологічних особливостей, властивостей та використання представників *Sansevieria* Thunb., специфіки отримання та ведення їх стерильної культури, визначено перелік ключових умов для отримання асептичної культури рослин цієї групи.

## **2.1. Підродина *Cypripedioideae* Lindl.: особливості біології, аналіз сучасного стану методик отримання та введення в культуру стерильних тканин. (Огляд літератури)**

Підродина *Cypripedioideae* складається з п'яти родів: *Selenipedium*, *Phragmipedium*, *Mexipedium*, *Paphiopedilum* і *Cypripedium*. *Selenipedium*, *Phragmipedium* і *Mexipedium* трапляються в тропічній Америці, тоді як Китай є центром географічного розподілу *Paphiopedilum* і *Cypripedium*.

Рід *Paphiopedilum* складається приблизно з 66 видів, що зустрічаються в основному в тропічних і субтропічних лісах Азії. Більше 18 видів зростає в південно-західному Китаї, зазвичай на карстових вапнякових пагорбах на висоті 2000 м (Cribb, 1998). Шар ґрунту в карстових районах є дуже мізерним, з дефіцитом поживних речовин. У багатьох районах, де зростають досліджувані види, випадає значна кількість опадів і постійно висока вологість повітря. Проте, кількість опадів зазвичай сезонна, вологу не легко зберегти, тому рослинам в таких місцях часто доводиться витримувати значні посушливі періоди (Cribb, 1998).

Рід *Cypripedium*, що складається з 50 видів, широко поширений у помірних і субтропічних зонах Америки, Європи та Азії. Близько 32 видів зустрічаються в Китаї, найбільше ростуть у тінистих лісах на висоті понад 1800 м у південно-західному Китаї (Cribb, 1997). На відміну від *Paphiopedilum*, шар ґрунту у районах, де зростають представники роду *Cypripedium*, як правило, більш товстий, містить більше поживних речовин і може зберігати велику кількість води протягом вегетаційного періоду.

*Paphiopedilum* і *Phragmipedium* – це вічнозелені рослини, натомість, багатьом представникам *Cyripedium* притаманний період спокою. Листки *Paphiopedilum* і *Phragmipedium* товщі, соковитіші, ніж у представників *Cyripedium*.

Більшість видів *Phragmipedium* є наземними, епіфітними або літофітними орхідеями. Близько 20 видів цих орхідей ростуть у Південній Мексиці, тропічній Центральній та Південній Америці. Всі представники роду *Phragmipedium* занесені до Додатку I Конвенції про міжнародну торгівлю зникаючими видами (CITES).

Асептичному розмноженню представників підродини *Cyripedioideae* присвячена значна кількість наукових робіт. Як і для всіх обхідних, для досліджуваних родів характерні суттєві відмінності у якісному та кількісному складі живильного середовища, умовах освітлення та температурному режимі. Для більшості видів даної групи асептичне розмноження знаходиться на етапі розробки та потребує вдосконалення процедур стерилізації та культивування.

Відомо, що найкращі показники проростання насіння *Paphiopedilum* отримано за відсутності світла. Вважають, що більш інтенсивне проростання насіння даного роду в темряві пов'язане з усуненням інгібуючої дії світла. Оскільки цей рід відноситься до наземних орхідей, в природних умовах його насіння починає свій розвиток в шарі лісової підстилки або ґрунту.

З мікророзмноження *Paphiopedilum* є небагаточисленні та спірні дані. Перші відомості щодо клонального розмноження *Paphiopedilum* з'явилися в 1973 році. Деякі автори (Arditti, 1977), вважали, що культура органів *Paphiopedilum* неможлива, однак, вже у 1975 р. G. Stewart і співавтори (Stewart, 1975) змогли ввести апікальну меристему в асептичну культуру і отримати не лише шляхом прямого органогенезу рослини-регенеранти.

Для мікророзмноження *Paphiopedilum* експлантами можуть бути сегменти листків та коренів сіянців. На живильному середовищі МС з 1 мг/л НУК і кінетину через 7 тижнів культивування вони регенерували протокорми, а потім і пагони. Для мікроклонального розмноження сіянців *P. delenatii* оптимальним є рідке живильне середовище МС з додаванням 1,0 мг/л TDZ (Nhut, 2005).

Першою проблемою при введенні в асептичну культуру рослин досліджуваної підродини є отримання стерильного матеріалу, оскільки рослини показують значну контамінацію грибами та бактеріями. Зазвичай стерилізація передбачає обробку гіпохлоридом натрію та промивання дистильованою водою (Zeng et al., 2012). Більшість дослідників застосовує для стерилізації насіння 0,5–1 % розчин гіпохлоридом натрію (Chena et al., 2015).

Середовище ½ Мурашиге Скуга доповнене 2,0 мг/л N6- Benzyladenine і 1,0 мг/л NAA призводило до утворення найбільшої кількості рослин-регенерантів на один експлант для сіянців *P. vietnamense*. Використане середовище було оптимальним для регенерації та розмноження рослин. Крім цього, результати показали, що середовище з 0,5 мг/л NAA і 1,0 г/л

активованого вугілля дали найкращі результати для індукції коренів у рослин (Thi Tinh Nguyen, 2018). Для отримання рослин-регенерантів *P. callosum* var. *Sublaeve* модифіковане середовище Вацина-Вента, яке містить 1,0 мг/л TDZ забезпечувало найвищий відсоток протокормоутворення, утворення пагонів ( $40,00 \pm 5,16$ ), формування коренів ( $30,00 \pm 12,38$ ) і виживання сіянців ( $70,00 \pm 4,47$ ) (Wattanapan, 2018).

Оптимальним середовищем для отримання адвентивних пагонів *P. hirsutissimum* було 1/2 Мурашиге-Скуга + 3,0 мг / л 6-BA + 0,1 мг / л NAA + 80,0 г / л бананового соку + 2,0 г / л активованого вугілля. Дане середовище викликало індукцію пазушних бруньок зі швидкістю 36,1 %. Встановлено, що співвідношення BA/NAA стимулює утворення адвентивних пагонів у *P. villosum* var. *densissimum*, *P. insigne* *P. bellatulum*, *P. armeniacum* (Bo Long et al., 2010).

Дослідженню впливу різних додаткових компонентів живильного середовища МС на розвиток експлантів присвячена робота L.C. Huang (1988). Для розмноження він використовував апекс пагону. Перші чотири тижні культури утримували в темряві, а потім переносили на рідке живильне середовище МС з 0,1 мг/л НУК, 3,0 – 2-іP, 100 – БА, 30,0 мг/л аденіна, 15 % кокосового молока. Масове утворення протокормів було відмічене через 8 тижнів культивування.

Для регенерації протокормів *P. rothschildianum* оптимальним було середовище 1/2 MS доповнене 2,27 мкМ TDZ і 12,0 мкМ ВАР. Здатність до регенерації протокормів зростала при використанні більш низьких концентрацій сахарози (15 мМ) (Masnoddin et al., 2018).

Вуглеводи є невід'ємним компонентом будь-якого організму незалежно від типу його живлення. Більшість орхідей успішно розвивається на середовищі з сахарозою, але для проростків *Cypripedium* необхідні також фруктоза та глюкоза (Черевченко и др., 2008). А проростки *Paphiopedilum* розвиваються лише на середовищі з пониженою концентрацією сахарози (Pierik et al., 1988). Показано, що концентрація сахарози значно на схожість насіння *P. exull* не впливала (Imsomboon et al., 2017). Найкращий показник схожості насіння *P. spicerianum* та *P. wardii* було відмічено на середовищі з додаванням 10 % кокосового молока (Chena et al., 2015; Zeng et al., 2012).

Значно менша частина робіт присвячена асептичному розмноженню роду *Phragmipedium*. Упродовж 5 років в лабораторії біотехнології БС ННГУ велися дослідження по розмноженню видів роду *Phragmipedium*: *Ph. longifolium*, *Ph. schilimii*, *Ph. besseae*. Початковий розвиток і морфогенез в асептичній культурі значно відрізнявся, що проявлялося в будові (наявність чи відсутність ризоїдів, розмірі, наявності чи відсутності хлоропластів) протокорма, терміні появи коренів у сіянців, особливостях пагоноутворення та здатності формувати клони (Широков и др., 2014). Також було успішно розмножено *Phragmipedium longifolium*, *P. pearcei* і *P. humboldtii* в культурі *in vitro*. Насіння висівали на середовище Мурасіге-Скуга та Кнудсона С і культивували на світлі та в темряві. Ювенільні

рослини краще розвивались на середовищі Мурасіге – Скуга, ніж на середовищі Кнудсона С (Muñoz et al., 2008).

Насіннєве та мікроклональне розмноження представників роду *Cypripedium* значно ускладнене високою контамінацією всіх частин рослини грибами. Встановлено, що отриманий з насіння *Cypripedium formosanum*, активно формує вторинні протокорми на середовищі Мурасіге і Скуга, що містить 4,52 мМ 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти і 4.54 мМ тїдіазурону. Протокорми формують пагони і коріння на середовищі, що містить 1 г/л активованого вугілля та 20 г/л картопляного гомогенату. (Lee et al., 2003). Для мікроклонального розмноження *Cypripedium flavum* були використані сіянци вирощені в асептичній культурі. Сіянци переносили на поживне середовище Navais з БАП (2,22 М) і картопляним гомогенатом (20 г/л), що показало кращі результати за показниками формування адвентивних пагонів. Для формування коренів використовували середовище 1/2 Navais з 0,6 г/л активованого вугілля (Yan et al., 2006). У НБС імені М.М. Гришка були успішно отримані сіянци в асептичній культурі *Cypripedium calceolus*. Насіння висівали на середовище Мурасіге-Скуга і культивували в темряві.

Проростання насіння представників досліджуваної підродини на пряму залежить від терміну дозрівання насіння. В деяких видів більший відсоток схожості насіння спостерігався при незрілому насінні, в інших-навпаки. Оптимальним проростання насіння *Cypripedium lentiginosum* було на 90–105 день після запилення, коли насіння дозрівало схожість різко знижалася. Гістохімічні дослідження показали, що лігніфікована оболонка насінини викликає стан спокою. Насіння *Cypripedium japonicum* Thunb. збільшувало вміст абсцизової кислоти від 60 діб після запилення і досягало її максимуму при 115 днів після запилення. Вважається, що високий рівень абсцизової кислоти ускладнює проростання насіння та розвиток зародку (Yan et al., 2017).

Таким чином, не дивлячись на значну кількість наявних даних, методи клонального мікророзмноження представників підродини *Cypripedioideae* потребують подальшого вдосконалення. Вивчення природного ареалу, кліматичних умов, гірських порід та складу ґрунтів які заселяють ці рослини, дозволить покращити методи їх культивування та розмноження. Необхідними також є розробка методів депонування представників підродини *Cypripedioideae*, у вигляді полініїв, насіння та протокормів, створення банків стерильної культури цих зникаючих видів.

## **2.2. Методологічні основи введення рослин *Sansevieria* THUNB. у стерильну культуру. Умови, методи та об'єкти**

Представники *Sansevieria* Thunb. – багаторічні трав'янисті або напівчагарникові рослини з м'ясистими, щільними лінійними листками, які відходять ортотропно, у вигляді розеток від товстих, коротких кореневищ.

Суцвіття формуються в центрі розеток. Квітки білі або жовтуваті. Плід – ягода Рід налічує близько 70 видів поширених в тропічній Африці і Азії (Індія, о. Шрі-Ланка) (Білоус, 2003; Сааков, 1983).

Завдяки своїй екологічній пластичності представників багатьох видів роду здавна використовували в декоративному садівництві, деякі з них знайшли своє застосування в медицині (Achi et al., 2012) або як джерело цінного технічного волокна (Медведев, 1940; Тахтаджян, 1964; Brown, 1915; David et al., 2013a, 2013b, 2015).

Цікаві результати отримано при культивуванні стерильних тканин рослин *Sansevieria* для накопичення біомаси та одержання цінних у фармакологічному відношенні метаболітів. Є дані, що екстракт із вегетативних органів *Sansevieria trifasciata* Prain з успіхом використовують для лікування діабету другого типу (Dey et al., 2014). Стосовно *Sansevieria roxburghiana* Schult. & Schult.f. також є такі відомості (Bhattacharjee et al., 2016). Крім того, встановлено, що екстрактам *S. roxburghiana* притаманні високі антиоксидантні властивості (Kaleena et al., 2012). Показано, що різні за типом розчинника екстракти *S. roxburghiana* демонструють чіткий антиоксидантний ефект і сильний вплив на вільні радикали та окислювачі (DPPH, NO). Встановлено наявність у водних екстрактах *S. cylindrica* біоактивних сапонінів стероїдної природи (Antunes et al., 2003).

Традиційно, рослини даного роду розмножують вегетативно або насіннєвим способом. Однак, за певних умов, способи традиційного розмноження не можуть задовольнити існуючої потреби. У цьому разі застосовують клональне мікророзмноження.

Культуру *in vitro* застосовують при масовому промислового розмноженні варієгатних форм *S. trifasciata* та рослин ряду інших видів роду які широко використовують в озелененні (Hartman et al., 2002; Yusnita et al., 2011, 2013). Виправданим застосування цього методу є і для розмноження рідкісних видів даного роду.

Власне керуючись цими мотивами нами було здійснено літературний пошук щодо досвіду асептичної культури рослин *Sansevieria*. Зазначимо, що не дивлячись на поширеність цих рослин як декоративних (відкритих посадках та як елементів дизайну внутрішніх приміщень), публікацій стосовно культури *in vitro* нами знайдено обмаль.

Для того щоб грамотно започаткувати стерильну культуру *Sansevieria* нам треба було з'ясувати:

- які первинні експланти використовують, час їх відбору та процедури стерилізації;
- які середовища використовують на всіх етапів клонального мікророзмноження починаючи від введення і до останніх етапів культивування перед висадкою *ex vitro*;
- які світлові та температурні режими є ефективними на кожному етапі розмноження в культурі *in vitro*.

Плануючи роботи ми спиралися як на власний досвід (Иванников и др., 2006; Черевченко и др., 2008) так і на низку досліджень проведених в

цьому напрямку з рослинами близьких родин взагалі та представниками роду *Sansivieria* зокрема (Firmansyan et al., 2014; Piven et al., 2002).

Принциповим при клональному мікророзмноженні є компонентний склад живильних середовищ. Відповідно до даних М.А. Каляєвої (Каляева и др., 1999) для успішної регенерації рослин *S. cylindrica* з листових експлантів вирішальне значення має фітогормональна композиція середовища (НУК, БАП, 2,4 D) на тлі живильного середовища МС. Авторами зафіксовано низьку здатність до морфогенезу листових експлантів у порівнянні з іншими видами цього роду. Зазначено, що у запропонованій схемі мікророзмноження найбільша частота регенерації для даного виду з листових експлантів склала 35,7 %. Рослини-регенеранти вкорінювали на середовищі МС з 1 мг/л НУК. При цьому доля укорінених живців становила 94 %.

Метою роботи М. Muliati (Muliati et al., 2017) також було вивчення впливу фітогормонів (NAA, BAP) та їх комбінацій в середовищі МС на формування морфогенного калусу та адвентивних пагонів *Sansevieria macrophylla*. В роботі вид згадується саме під такою назвою, хоча вона є одним із синонімів *Sansevieria hyacinthoides* (L.) Druce (<http://www.theplant-list.org>). Результати отримані дослідниками наочно показали, що на середовищі MS з 2 мг/л BAP калус утворювався найшвидше, додавання 1 мг/л BAP, на цьому ж середовищі, найкраще сприяло появі найбільшої кількості здатних до морфогенезу калусних конгломератів. На середовищі комбінованому 1 мг/л NAA + 1 мг/л BAP у *S. hyacinthoides* найкраще утворювалися адвентивні пагони.

Цікава робота була проведена з рослинами *S. trifasciata* (Sarmast et al., 2009), метою якої було порівняння здатності до утворення меристемоїдів між верхньою, середньою та нижньою частинами листової пластинки. Стерилізацію проводили наступним чином: експланти ретельно відмивали у проточній воді, потім занурювали на 1 сек у 70 % розчин етанолу. Після цього їх поміщали на 10 хв у 10 % Clorox (5,25 % натрію гіпохлорит) і відмивали у стерильній воді. Для ініціації утворення меристемоїдів використовували 2,4-D та кінетин (Kin), для ризогенезу – різні концентрації NAA і IBA. Найвищі показники утворення меристемоїдів були відмічені авторами на середовищах з концентраціями 0,35 мг/л 2,4-D або 0,4 мг/л Kin, ризогенез з 2000 мг/л IBA. Рослини вирощували на прописях базових середовищ МС (Murashige et al., 1962) з 30 % цукрози та 5 % агар-агару. Постасептичну адаптацію проводили у субстратах з перліту та торфу. При цьому частка загибелі рослин була у межах 5 %.

Позитивні результати були отримані з представниками цього виду також у більш ранніх роботах (Blazich et al., 1984). Так, культура соматичних зародків була отримана з тканини листка на середовищі МС з 0,25 мг/л 2,4-D. Гемогенез успішно відбувався на цьому ж середовищі із додаванням 0,3 мг/л Kin.

В іншій роботі подано дані експерименту з культиварами *S. trifasciata*: *S. trifasciata* cv. Lorentii та *S. trifasciata* cv. Hahnii (Yusnita et al., 2011). Як первинні експланти використовували сегменти листових пластинок



1 см × 1 см. Базове середовище МС. Експериментували з концентраціями 2,4-D та BA. Найкращі результати з утворення адвентивних пагонів були отримані за 14 тижнів на базовому середовищі МС з 2 мг/л BA. Було показано залежність здатності до утворення пагонів від генотипу. Так, культивар *S. trifasciata* cv. Lorentii показав кращі результати як за числом пагонів, що утворилися, так і за їх лінійними розмірами. Рослини регенеранти по закінченні роботи були переведені у септичні умови. Адаптацію успішно проведено у спеціальних парниках – число адаптованих рослин в межах 95,9–100 %.

Окремі автори вказують на проблеми, пов'язані зі стерильною культурою певних видів роду. Так, в дослідях з *S. cylindrica* у М.А. Каляєвої (Каляева и др., 1997) виникли суттєві труднощі на етапі мультиплікації адвентивних пагонів. Натомість, у роботах А. Shahzad (Shahzad et al., 2009) опрацьовано ефективний протокол регенерації *in vitro* для *S. cylindrica*, який був розроблений з використанням листкової культури калусу. Тривале утримання тканин рослин цього виду та ефективне їх клональне мікророзмноження було досягнуто на базовому середовищі МС, модифікованому 10 мкМ ІБА, тоді як висока частота утворення морфогенного калусу відмічена на цьому ж середовищі з додаванням 2,4-D та 2,4,5-T. Показано, що максимальна кількість адвентивних пагонів утворюється на середовищі, яке містить 5 мкМ 6-бензиладеніну (БА) та 2 мкМ  $\alpha$ -нафталін оцтової кислоти (НАА). При цьому утворюється максимум  $17,6 \pm 0,14$  (шт.) пагонів на один калусний конгломерат. Стверджується, що регенеративна здатність тканин калусу була стійкою упродовж одного року, тоді як окремі конгломерати зберігали здатність до регенерації на оптимальному середовищі навіть після 3 років субкультивування. Гістологічні зрізи ділянок калусних конгломератів демонстрували типову анатомію: були відмічені судинні елементи у пучках з добре вираженою корою та епідермальною тканиною.

У роботах із гібридними декоративними формами *Sansevieria* було показано певні переваги у культивуванні рослин на середовищі WPM перед середовищем МС, яке широко використовують дослідники у своїх роботах (Ratnadewi et al., 2015). Найкращі результати було отримано на середовищі WPM, що містило BAP 5 мг/л та NAA 0,5 мг/л. На ньому було отримано найбільше число пагонів з листовими пластинками. Рослини регенеранти розвивалися на ньому найкраще. Задовільні показники з постасептичної адаптації було отримано авторами при висадці рослин у суміш компосту, піску та цеоліту (4: 4: 1).

Рослини *Sansevieria* – це, у переважній більшості, рослини аридних місцевостей з яскраво вираженими ксеноморфними особливостями будови, які проявляються як у їх анатомічній будові, так і у морфології вегетативних пагонів. Спираючись на власний досвід, наявні дані літератури, вважаємо, що для них буде прийнятною загальна наступна схема стерилізації: спирт етиловий (70 %) – 1–2 хв.; thimerosal (0,01 %) – 15–25 хв.; хлоракс (10 %) – 10–20 хв.; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – 7–12 хв. Як первинні експланти доцільно використовувати ділянки листових пластинок

останнього року вегетації. Як базове середовище на початкових етапах введення та подальших етапах культивування можна використовувати середовище МС. Для клонального мікророзмноження – середовища МС та WPM. Світлові умови стандартні, температури в межах 20–25°C.

**Умови, методи та об'єкти.** Як модельні об'єкти дослідження було обрано представників родів *Calanthe* R.Br., *Coelogyne* Lindl. *Guarianthe* Dressler & W.E. Higgins, *Paphiopedilum* Pfitz., *Phragmipedium* Rolfe (Orchidaceae), а також *Sansevieria* Thunb. (Asparagaceae). Крім того, для порівняння типів життєвих стратегій, зокрема, пристосувань до подолання водного дефіциту було використано представників роду помірних широт – *Cypripedium* L.

Що стосується географічного походження, то вони представляють основні осередки світового різноманіття покритонасінних і орхідних зокрема: Центральну Америку (*Guarianthe*, *Phragmipedium*) (Pridgeon et al., 2005), Південно-Східну Азію (*Calanthe cardioglossa* Shltr., *Paphiopedilum* spp.) (Averyanov, Averyanova, 2003), а також Африку (*Sansevieria*) (Kipkoech et al., 2020; Myers et al., 2000).

Спостереження за ходом морфогенезу представників досліджуваних видів проводили за допомогою мікроскопів МБС–9, Carl Zeiss Jena NU. Документальне фіксування етапів росту і розвитку проводили шляхом фотографування (фотоапаратами Canon Power Shot G5, Nikon D 90). При спостереженнях за розвитком стерильної культури, визначенні типів морфологічних структур та етапів морфогенезу керувалися методиками Ф.М. Куперман (Куперман, 1977). Об'єкти препарували під бінокулярною лупою та світловим мікроскопом МБІ-15 за допомогою окуляр-мікрометра (x 16; x 18).

У роботі було використано традиційні біотехнологічні методики. Стерильні рослинні культури утримували в конічних колбах Ерленмеєра (250 мл) та циліндричних скляних ємностях (200 мл). Культуральні ємності з рослинами розміщували у світловій кімнаті на скляних стелажах при штучному освітленні (інтенсивність 2000 лк, фотоперіод 16 год.), температура 22–26°C, вологість 70 %. Штучне досвічування проводили люмінесцентними лампами (ЛБ 40 та ЛД 40). Рослини культивували на агаризованих живильних середовищах, основу яких складали прописи середовищ Мурасіге-Скуга (МС) (Murashige et al., 1962), Кнудсона (К) (Knudson, 1922) та Кнопа (Кн) (Кпор, 1865).

Складання живильних середовищ щоразу проводили індивідуально, наважки всіх компонентів проводили за допомогою терез (Kern & Sohn GmbH ABJ 320-4 electronic balance). Процедуру стерилізації середовищ проводили шляхом автоклавування (автоклав ГК-100-3), тиск 1–1,2 атм., температура 100–110°C, експозиція 20–22 хв. Допоміжні матеріали, металевий інструмент, стакани, чашки Петрі, колби з водою, інструментарій для маніпуляцій – стерилізували в автоклаві упродовж 1 години під тиском 2 атм. Для приготування живильних середовищ та розчинів стериліантів використовували дистиллят.

Процес перенесення діаспор у стерильну культуру проводили згідно протоколу DSC (*dry seed culture*) за класичною методикою (Knudson, 1922).

Умови стерилізації рослинного матеріалу підбирали індивідуально. Перелік речовин, обраних для стерилізації, та їх експозицію компонували відповідно до зазначених у літературі даних та власного досвіду.

Серед стериліантів, які було використано в роботі для звільнення від грибною та бактеріальною інфекції зазначимо наступні: 70 % етиловий спирт (Медасепт, Україна), 0,01 % розчин Thimerosal (Merck, Німеччина), препарат Domestos (Unilever Madyarország Kft., Угорщина), хлоргексидину біглюконат (0,05 %) (ТОВ “Ключ здоров’я”, Україна), Фундазол (АГРО-КЕМІ КФТ, Угорщина); 10 % розчин H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Медасепт, Україна).

Стерилізацію інтактного рослинного матеріалу проводили в ламінарному боксі у спеціальних шовкових контейнерах, які занурювали у стакани зі стерилізаторами. Після кожного типу стерилізатора матеріал ретельно (3–4 рази) відмивали в ємностях зі стерильною дистильованою водою. По завершенні процедури контейнери просушували між листками стерильного фільтрувального паперу.

Для характеристики особливостей репродукційної біології в асептичних умовах, використовували такий узагальнений показник, як ростовий індекс (PI), який вираховували за формулою:

$$PI = (W_1 - W_0) / W_0,$$

де  $W_0$  – початкова маса зразка,  $W_1$  – маса зразка в кінці циклу культивування (Бычкова, 2004).

При дослідженні поверхні листової пластинки методом растрової електронної мікроскопії матеріал фіксували у 4 % розчині глютарового альдегіду (MERCK, Німеччина) (Карупу, 1984), зневоджували шляхом проведення через суміші зростаючих концентрацій трет-Бутанолу (Scharlau Chemie, Іспанія). Зразки для дослідження методом растрової електронної мікроскопії витримували у 100 % трет-бутилового спирті протягом 1 години при температурі – 100 С. Металеві бюкси із замороженими зразками розташовували на охолоджуваному до – 60 С столику у робочому об’ємі універсального поста ВУП-5М. При вакуумуванні робочого об’єму відбувалось висушування зразків внаслідок сублимації замороженого трет-бутилового спирту. Подальша підготовка зразків відбувалась за традиційною для СЕМ схемою. Після цього зразки досліджували за допомогою сканувальних електронних мікроскопів РЕММА-102 АТ “SELM1” (м. Суми, Україна) і GSM-6700F (JEOL, Японія) в режимі вторинної електронної емісії, прискорюючій напрузі 8–30 кВ і робочій відстані 19–22 мм.

Для анатомічних досліджень обирали нормально розвинуті, середні листки, матеріал брали із центральної частини листової пластини. Для вивчення поперечних зрізів листка на світловому мікроскопі матеріал фіксували в 70 % етанолі (Паушева, 1988; Барыкина и др., 2004). Ручні зрізи виготовлялись за допомогою леза. Подвійне фарбування зрізів проводилося послідовно барвниками: 1 % розчином сафраніну (Китай) –

10 хв. и 0,5 % розчином Астраблау (Fluka, Німеччина) – 1,5 хв., промивались дистильованою водою після кожного етапу, потім в 96 % етанолі 1–5 хв. Отримані препарати заключались в гліцерин (Прозина, 1960; Барыкина и др., 2004).

Морфометричні дослідження продихового апарату та основних епідермальних клітин проводили на відбитках епідерми, знятих із живих рослин методом реплік з використанням безколірного лаку. Опис епідермальної поверхні листків дослідних видів проводили з використанням загальноприйнятої в цитології рослин термінології (Мирославов, 1974; (Баранова, 1990; Baranova, Jeffrey, 2000; Паутов, 2010). Для характеристики форми (обрису та проекції) епідермальних клітин використовували класифікацію С.Ф. Захаревича (1954). У роботі використана класифікація морфологічних типів продихів М.О. Баранової (Баранова, 1985).

Для вивчення підготованого матеріалу і документації результатів використовувався світловий мікроскоп Primo Star (Carl Zeiss, Jena, Німеччина), обладнаний цифровою фотокамерою Canon PowerShot A640 і програмне забезпечення AxioVision.

Дослідження фізіолого-біохімічних особливостей метаболізму орхідних за дії знижених температур проводили на прикладі трьох видів орхідних – *Calanthe cardioglossa* Schltr., *Guarianthe bowringiana*, *Paphiopedilum appletonianum*, отриманих внаслідок насінневого розмноження в культурі *in vitro*, які переносили з асептичних умов в умови оранжерейної культури. Одну частину рослин вирощували за температури  $(+25)^{\circ}\text{C}$ , другу – за температури  $(+15)^{\circ}\text{C}$ .

Активність супероксиддисмутази (СОД) (КФ 1.15.1.1) визначали згідно Beachamp, Fridovich (1973).

Інкубаційне середовище містило: 1,3 мМ рибофлавіну, 13 мМ метіоніну, 63 мкМ нітросинього тетразолію (НСТ) та ферментний екстракт. Оптичну густину вимірювали при  $\lambda = 560$  нм. Метод базується на здатності СОД інгібувати відновлення нітросинього тетразолію радикалами супероксиду на світлі в присутності рибофлавіну та метіоніну. За одиницю активності ферменту брали таку його кількість, яка гальмує відновлення НСТ на 50 %.

Для оцінки ступеня розвитку стресу вивчали процеси пероксидації ліпідів за вмістом малонового діальдегіду (МДА), а ступінь адаптації рослин до заподіяного стресу характеризували за кількістю основних фотосинтезуючих пігментів. Пероксидне окиснення ендогенних ліпідів визначали в надосадовій рідині гомогенату рослинних тканин по утворенню одного із кінцевих продуктів пероксидації – МДА, вміст якого визначали за величиною екстинції продукту його конденсації з тіобарбітуровою кислотою (Андреева и др., 1988). Повторність дослідів була трикратною, вірогідність різниці між середніми арифметичними значеннями показників встановлювали за критерієм Стьюдента. Відмінності вважали вірогідними при значенні  $p \leq 0,05$  (Маслов, 1978).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

### 2.3. Порівняльно-анатомічні дослідження будови вегетативних органів представників підродини *Cyripedioideae* Lindl.

Всі види *Paphiopedilum*, *Cyripedium*, *Phragmipedium* перебувають під загрозою зникнення. Тому вивчення їх адаптивних стратегій необхідне для розмноження та збереження цих унікальних рослин. В представленій роботі ми досліджували анатомічну будову листка представників цих трьох родів за допомогою світлової, електронної, флуоресцентної та поляризованої мікроскопії.

Було проведено дослідження поверхні листової пластинки методом растрової електронної мікроскопії у 4 видів роду *Paphiopedilum*, 4 видів роду *Cyripedium* та 3 видів роду *Phragmipedium*.

Було встановлено, що продихи всіх досліджених видів рослин аномоцитного типу. Мають еліптичну форму і розташовані з абаксіального боку листової пластини. Найбільша щільність продихів нами відмічена для *Phragmipedium*. Продихи на листках *Paphiopedilum* і *Phragmipedium* заглиблені в листовий епідерміс; у видів *Cyripedium* продихи виступають над поверхнею епідермісу. У ході анатомічних досліджень нами зафіксовано хлоропласти у замикаючих клітинах представників *Cyripedium* та *Phragmipedium*. Натомість у представників *Paphiopedilum* вони були відсутні, що підтверджує попередні дослідження (Assmann et al., 1985). У клітинах мезофілу у рослин *Cyripedium*, *Phragmipedium* та *Paphiopedilum* нами було виявлено велику кількість кристалів оксалату кальцію.

Епідерміс на адаксіальному боці листової пластинки видів *Paphiopedilum* завжди займає більший об'єм, ніж на абаксіальному, чого не було виявлено у представників *Cyripedium* (рис. 2.1, 2.2). За дослідженнями Guan et al. (2011), ці великі епідермальні клітини можуть виконувати водозапасаючу функцію. З обох боків листової пластинки *Paphiopedilum*, *Phragmipedium* було відмічено шар кутикули, чого також ми не спостерігали у рослин *Cyripedium*.

Такі пристосування, як наявність кутикули, продихи, заглиблені в епідерміс та великі клітини адаксіального епідермісу вказують на толерантність рослин до аридних умов середовища. Завдяки таким особливостям анатомічної будови представники роду *Paphiopedilum* зростають у регіонах із вираженим посушливим періодом. Відповідно, види *Cyripedium* та *Phragmipedium*, не маючи вищевказаних пристосувань, зростають у місцях із більшою кількістю вологи. У деяких видів *Paphiopedilum* і *Phragmipedium* (рис. 2.3) клітини мезофілу чітко розмежовувалися на стовбчастий і губчастий мезофіл, але не було диференціації в листках *Cyripedium*. Обидві сторони листка були сильно кутикуляризовані в *Paphiopedilum* і *Phragmipedium*. На відміну від них, на поверхні листків *Cyripedium* кутикули виявлено не було.

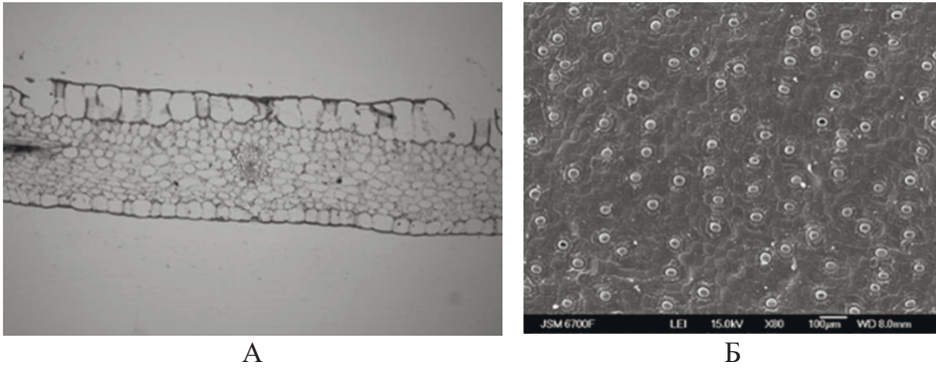


Рис. 2.1. Поперечний переріз (А) та мікроморфологія абаксальної поверхні листка (Б) *Phragmipedium lindenii* (Lindl.) Dressler & William

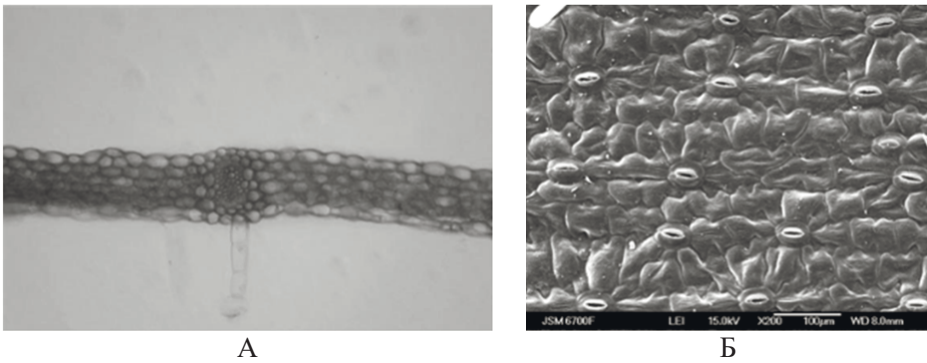


Рис. 2.2. Поперечний переріз (А) та мікроморфологія абаксальної поверхні листка (Б) *Cypripedium calceolus* L.

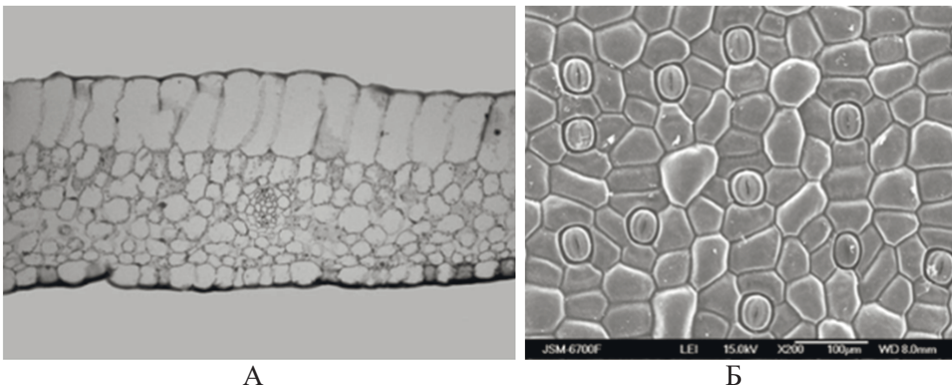


Рис. 2.3. Поперечний переріз (А) та мікроморфологія абаксальної поверхні (Б) листка *Parhipedilum primulinum* M. Wood & P. Taylor

Листки *Cyripedium* мали велику кількість залозистих трихомів, яких не спостерігали у *Paphiopedilum* та *Phragmipedium*. Нами були виявлені певні структурні особливості даних видів. Так, клітини адаксіального епідермісу деяких представників роду *Paphiopedilum* та *Phragmipedium* мають клітинну стінку з зубцями, що кріпиться до сусідньої клітини у вигляді замка. Така особливість стає дуже важливою для транспорту поживних речовин та запасання води в природних умовах досліджуваного роду з вираженим засушливим періодом. У сезон дощів завдяки такій будові клітинної стінки клітини, наповнюючись водою, можуть розтягуватися, збільшуючи таким чином свій об'єм (рис. 2.4). Також, ці клітини, розтягуючись у період дощів, виконують функцію вбираючої лінзи (рис. 2.5).

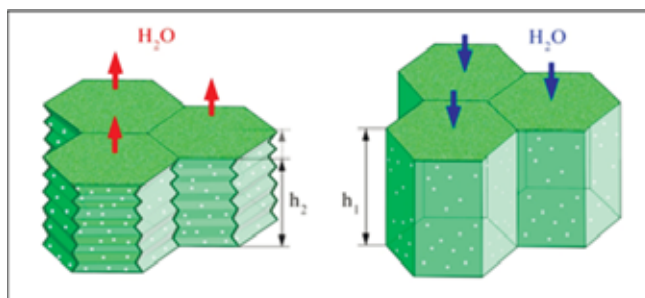


Рис. 2.4. Гіпотетична графічна модель, яка ілюструє структурно-функціональні пристосування клітин верхнього епідермісу *Paphiopedilum* до накопичення та перерозподілу води в симпласті та апопласті листка

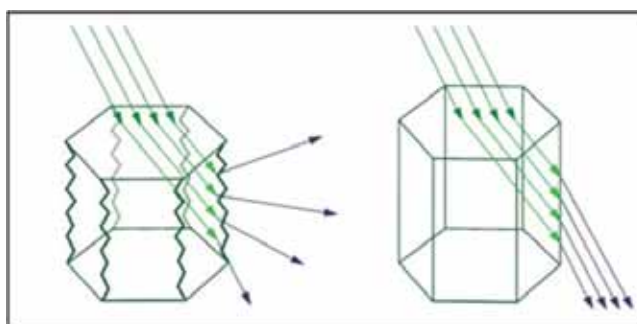


Рис. 2.5. Гіпотетична графічна модель, яка ілюструє імовірний перерозподіл світлової енергії при різній наповненості водою клітин верхнього епідермісу

У межах роду *Paphiopedilum* нами були також помічені відмінності між видами, залежно від екологічних умов їх зростання. *Paphiopedilum wardii* – це літофіт. Для ареалу даного виду характерне вологе тепле літо з рясними дощами і холодна зима з частими туманами та мрячними дощами. Сухий період взимку майже не виражений.

Клітини нижньої епідерми у видів *Paphiopedilum* майже не відрізняються і не можуть бути ознакою для ідентифікації виду. Натомість клітини верхньої епідерми мали значні відмінності в залежності від природних умов зростання конкретного виду. У *P. wardii* клітини верхньої епідерми циліндричні. Розміри клітин в середньому – 264,7 мкм. *P. delenatii* – літофіт: зазвичай рослини ростуть у тіні в покритих мохом щілинах на вертикальних скелях і западинах, на виступах, на крутих гранітних схилах під гірськими, вічнозеленими, широколистяними лісами, вище річок і струмків. Клімат теплий тропічний з двома вираженими сезонами: період дощів і посушливий, іноді дуже сухий сезон.

Оскільки в місцях зростання *P. delenatii* є виражений посушливий період, клітини адаксіальної епідерми мали найбільший розмір серед досліджуваних видів (табл. 2.1). Ці великі епідермальні клітини виконують водозапасаючу функцію, що дозволяє рослині нормально функціонувати в умовах посухи. Клітини верхньої епідерми – прямолінійно-округлої форми. У середньому розмір цих клітин становив 359,8 мкм.

Таблиця 2.1

**Анатомічна будова листка  
представників роду *Paphiopedilum in vivo* та *in vitro***

Ознака	Назва таксону							
	<i>P. wardii</i>	<i>P. wardii in vitro</i>	<i>P. delenatii</i>	<i>P. delenatii in vitro</i>	<i>P. primulinum</i>	<i>P. primulinum in vitro</i>	<i>P. hirsutissimum</i>	<i>P. hirsutissimum in vitro</i>
Ширина М, мкм	453,2± 14,3	362,2± 26,2	351,9± 11,03	198,5± 11,4	336,2± 27,2	182,9± 14,2	371,4± 13,2	130,3± 4,7
АДЕ, мкм	264,7± 24,7	133,7± 6,8	359,8± 25,3	251,8± 18,6	200,5± 7,7	100,4± 3,6	224,7± 12,7	145,1± 16,1
АБЕ, мкм	102,1± 4,3	58,7± 5,4	88,4± 5,6	76,9± 5,1	64,5± 4,8	49,1± 6,1	84,5± 3,6	66,5± 3,6
Кількість шарів АДЕ	1	1	1	1	1	1	1	1
Кількість шарів АБЕ	1	1	1	1	1	1	1	1
Кількість шарів М	7	4	7	3	10	4	10	4

*Примітка:* Адаксіальний епідерміс (АДЕ); Абаксіальний епідерміс (АБЕ), Мезофіл (М).

*P. hirsutissimum* – напівепіфіт, який в межах ареалу трапляється на глибоко еродованих вапнякових плато. Ліси біля верхньої частини вапнякових гір, як правило, досить сухі, дощова вода швидко зникає в численних отворах і щілинах скель. Клімат з холодною, сухою зимою і жарким, дощовим літом. Клітини адаксіальної епідерми прямокутні,



224,7 мкм завдовжки, що значно менше, ніж у *P. delenatii*. Але, у порівнянні з іншими дослідженими видами роду, продиhi у *P. hirsutissimum* були глибоко занурені в епідерму, що також є пристосуванням до умов засухи.

*P. primulinum* – літофіт. Зростає поблизу вершин вапнякових пагорбів. Клімат тропічний, сухий сезон не виражений. У цього виду клітини адаксіальної епідерми найбільш були відмінними у генеративних рослин та сіянців *in vitro*. У сіянців клітини мали прямокутну форму, а в генеративних рослин – прямолінійно-округлу, з-поміж клітин виділялися поодинокі клітини, більші за розміром. Клітини верхньої епідерми *P. primulinum* були найменші за розміром з-поміж досліджуваних видів. Продиhi поодинокі, не занурені в епідерміс.

Таким чином, було виявлено спільні та відмінні ознаки в анатомічній будові листка досліджуваних видів. Продиhi аномоцитного типу; у всіх трьох родів знайдені лише з абаксіального боку. Щільність продиhiv подібна у *Paphiopedilum* та *Cyripedium*, але відрізняється у *Phragmipedium*. Розміри продиhivого апарату більші у *Cyripedium*. Продиhi у *Paphiopedilum* і *Phragmipedium* занурені в листковий епідерміс, але у *Cyripedium* продиhi виступають над поверхнею листка. Це свідчить про те, що рослини *Paphiopedilum* та *Phragmipedium* є більш толерантними до аридного середовища, ніж представники *Cyripedium*.

Показано, що адаксіальний епідерміс у роду *Paphiopedilum* займає більший об'єм, ніж на адаксіальній поверхні. Ці великі епідермальні клітини можуть виконувати водозапасаючу функцію і спостерігаються лише в даного роду. Листки родів *Paphiopedilum* і *Phragmipedium* мають добре виражений кутикулярний шар з адаксіального боку, який запобігає втраті води в посушливий період. У представників роду *Cyripedium* кутикула майже не виражена. В клітинах мезофілу у всіх досліджуваних родів було виявлено велику кількість кристалів оксалату кальцію.

Отже, нами були виявлені певні структурні особливості досліджуваних видів. Так, клітини адаксіального епідермісу деяких представників роду *Paphiopedilum* мають клітинну стінку з зубцями, що кріпиться до сусідньої клітини у вигляді замка. Така особливість стає дуже важливою для транспорту поживних речовин та у природних умовах досліджуваного роду з вираженим засушливим періодом. У сезон дощів завдяки такій будові клітинної стінки клітини, набираючи воду, можуть розтягуватися, збільшуючи, таким чином, свій об'єм. На зрізах листка представників роду *Paphiopedilum* було знайдено велику кількість амілопластів.

## 2.4. Морфогенез сіянців *Paphiopedilum* та *Cyripedium in vitro*. Порівняльні аспекти

У колекції НБС представлені види *Paphiopedilum*, які практично зникли з місць їх природного зростання. Нагальність організації охорони цих рослин як *in situ*, так і *ex situ*, пояснюється не тільки величезним попитом, а

й особливостями їх біології. Більшість видів роду *Paphiopedilum* – це obligatні літофіти і після пожежі їх популяції практично не відновлюються (Averyanov et al., 2003). Тільки два види представлені епіфітами (*P. parishii* (Rchb. f.) Stein і *P. lowii* (Lindl.) Stein). Для їх збереження з 1990 р всі 70 видів роду включені в Додаток I CITES.

На даний момент колекція стерильних культур НБС роду *Paphiopedilum* налічує 11 таксонів: *P. delenatii* Guill., *P. concolor* (Lindl. ex Bateman) Pfitzer, *P. hirsutissimum* (Lindl. ex Hook.) Stein, *P. helenae* Aver., *P. insigne* (Wall. ex Lindl.) Pfitz., *P. appletonianum* (Gower) Rolfe, *P. villosum* (Lindl.) Stein, *P. lavrenceanum* (Rchb.f.) Pfitz., *P. tonsum* (Rchb. f.) Stein, *P. venustum* (Wall.) Pfitz., *P. wardii* Summerh.

Схожість насіння *P. venustum* становила 1–2 %. Насіння починало проростати через місяць, первинні протокорми, що утворилися, активно формували вторинні протокорми (рис. 2.6). Багатoverшинні протокорми ділили та розсаджували на свіже живильне середовище. Після того як на апікальній частині протокорма диференціювалися листки, у проростка починалося формування кореня.



Рис. 2.6. Етапи розвитку *P. venustum in vitro*:

1 – утворення протокорма; 2, 3 – формування вторинних протокормів на тілі первинного протокорма; 4 – формування коренів; 5 – рослина готова до висадки в оранжереї

Одночасно сіянці збільшувалися в розмірах, і тривав розвиток листків. Через 250–300 діб проростки досягали оптимальних розмірів для акліматизації в умовах оранжереї. Така ж схема розвитку спостерігалася і для *P. delenatii*: всі первинні протокорми перетворювалися на багатoverшинні протокорми, які тільки після тривалого субкультування (близько 6 місяців) утворювали рослини.

Насіння *P. wardii* (рис. 2.7) висівали на середовище Мурасіге-Скуга з вугіллям. Упродовж одного місяця насіння проростало з утворенням білуватих протокормів. Протягом 2 місяців протокорми зеленіли і формували перші листки. Слід зазначити, що серед сіянців цих двох видів були особини (30%), які активно розвивалися в великі рослини, не формуючи вторинних протокормів. Близько 70% протокормів були багатOVERшинними, їх ділили і розсаджували.

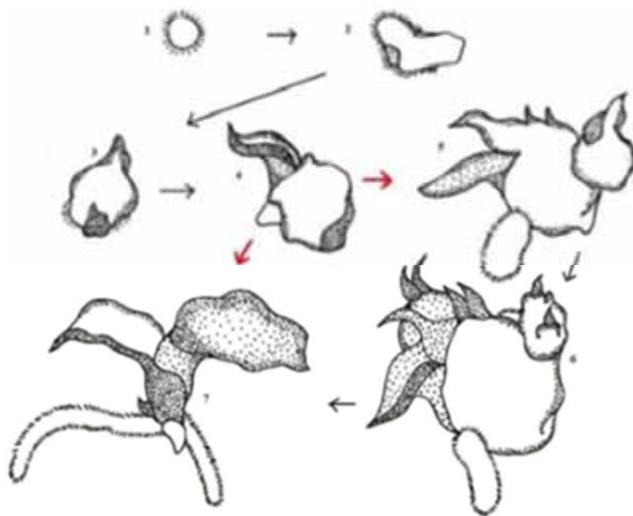


Рис. 2.7. Етапи розвитку *P. wardii* *in vitro*:

- 1, 2 – первинний протокорм; 3 – листкоподібний орган первинного протокорма;
- 4 – початок формування першого кореня на тілі первинного протокорма;
- 5, 6 – вторинні протокорми на тілі первинного протокорма;
- 7 – рослина, готова до висадки *ex vitro*

Отримані сіянці були пересаджені нами на модифіковане живильне середовище МС зі зменшеною концентрацією сахарози і активованого вугілля (MaP). Наступні пасажі здійснювали на середовище MaP протягом року. Рослини пересаджували кожні 2–3 місяці на свіже живильне середовище, оскільки сіянці даного виду виділяли значну кількість фенольних сполук, про що свідчила зміна кольору живильного середовища.

У результаті проведених робіт нами були отримані сіянці *Paphiopedilum*, придатні для акліматизації в септичних умовах. На момент висадки в середньому кожна рослина мала по 4 листки та 4–5 коренів. Досягнувши цих розмірів, сіянці, що не були висаджені, почали утворювати адвентивні пагони (1–2), що дозволило збільшити їх кількість у 2–2,5 рази.

З насіння *P. tonsum* (рис. 2.8) були отримані поодинокі проростки. Насіння цього виду, за нашими спостереженнями, мало схожість 1%, а через місяць зберігання насіння взагалі не проростало. Упродовж 1–2 місяців первинні протокорми цього виду набували зеленого забарвлення.

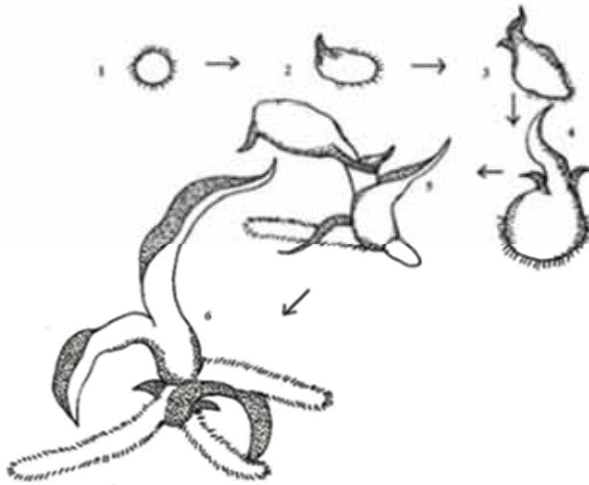


Рис. 2.8. Етапи розвитку *P. tonsum in vitro*:

1, 2 – первинний протокорм; 3, 4 – перший листкоподібний орган первинного протокорма; 5 – коріння сіянця; 6 – рослина, готова до висадки *ex vitro*

Для даного виду, за нашими спостереженнями, утворення *in vitro* вторинних протокормів не характерно. Через 5–6 місяців сіянці утворювали перші листкоподібні органи, ще через 2–3 місяці з’являвся перший корінь. Формування адвентивних пагонів сіянців даних видів вдалося домогтися після 3–5 років культивування в асептичній культурі.

Смності з посівами *Paphiopedilum dianthum* розділили на дві групи: утримували в темряві та на світлі – у культуральному приміщенні. Насіння починало проростати через два місяці після посіву (1–2 %). Малочисельні первинні протокорми майже не формували вторинних протокормів і задовільно розвивалися лише в темряві. Процес формування первинних протокормів на світлі значно уповільнювався, а поодинокі протокорми з часом загинули. Через 12 місяців від моменту введення *in vitro* ювенільні рослини могли сформувати перший лисок (до 11 мм) та декілька коренів (до 5 мм). В такому стані рослини переносили на світло, їх асимілюючі листки набували зеленого кольору та починали фотосинтезувати (рис. 2.9). Через 21 місяць рослини утворювали 2–3 зелених листки. На даному етапі деякі особини також формували по 2–3 адвентивних пагони. Надалі їх ділили та регулярно пересаджували, оскільки вони виділяють у живильне середовище значну кількість вторинних метаболітів.

Насіння *Cypripedium guttatum* висівали на середовище Мурасіге-Скуга та культивували в темряві. Через три місяці насіння набухло до 1 мм, а через чотири місяці утворилися поодинокі білі протокорми, що мали велику кількість довгих ризоїдів (рис. 2.10). Через 6 місяців на тілі первинного протокорму починали з’являтися вторинні протокорми. Після декількох пасажів на свіже середовище у протокормів з’являвся зелений проросток та декілька коренів. На даному етапі розвитку рослини ділили та

кожен місяць пересаджували на свіже середовище, оскільки для представників роду *Cypripedium* характерне виділення великої кількості фенолів у живильне середовище.

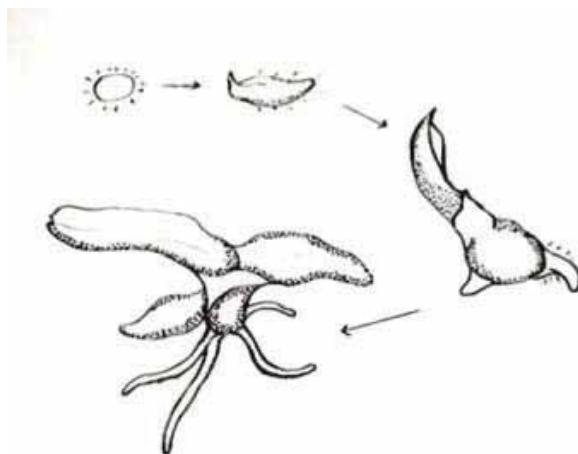


Рис. 2.9. Етапи розвитку *Paphiopedilum dianthum in vitro*

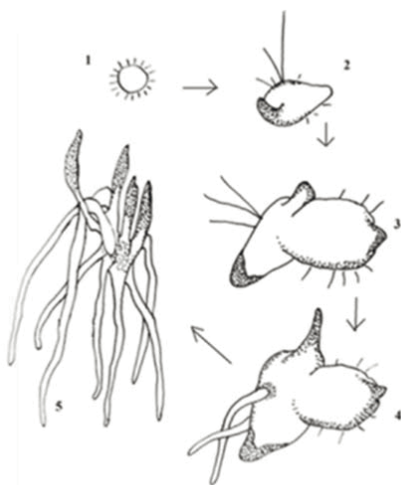


Рис. 2.10. Етапи розвитку *Cypripedium guttatum in vitro*:

1, 2 – первинний протокорм; 3 – формування вторинного протокорма;  
4 – утворення коріння сіянця; 5 – рослина готова до висадки *ex vitro*

З'ясовано, що на початкових етапах на процес проростання насіння позитивно впливає темрява та додавання до поживного середовища АВ. Узагальнюючи отримані дані за ходом онтогенезу досліджуваних видів *Paphiopedilum* в культурі *in vitro* можемо констатувати, що сіянці в стерильній культурі можуть розвиватися двома основними шляхами.

У першому випадку із зародка розвивається протокорм, з якого внаслідок диференціації єдиного конуса наростання формується один сіянець, що, зазвичай, не утворює адвентивних пагонів.

На противагу цьому, серед посівів трапляються особини, на тілі первинного протокорма яких формуються зачатки одного-двох листових примордіїв, після чого починається активне збільшення об'єму самого тіла протокорма. У цьому разі поверхня протокорма стає нерівною, горбкуватою, завдяки формуванню хаотично розташованих нових центрів росту, які дають початок вторинним протокормам. Це призводить до утворення цілих їх конгломератів на тілі первинного протокорма. Після закладання на конусі наростання двох–трьох листових зачатків вторинні протокорми починають збільшуватись у розмірі. Конгломерати, утворені вторинними протокормами, можуть сягати 20 мм у діаметрі і повністю покривати первинний протокорм, тіло якого в цей час поступово відмирає. Геморизогенез відбувається переважно у верхній частині конгломератів. Молоді рослини можна відділяти і висаджували окремо на поверхню середовища.

Ймовірно, подібні варіанти розвитку ювенільних особин, які ми спостерігали в культурі *in vitro*, можуть бути і в умовах *in situ*, що, очевидно, треба розглядати як пристосування для виживання популяції в природних умовах. Активне вегетативне розмноження сіянців можливе вже з перших етапів розвитку на стадії вторинного протокорма та на наступних етапах геморизогенезу.

## **2.5. Анатомічна будова листової пластинки *Coelogyne viscosa* Lindl. (*Orchidaceae*): виявлення біологічних ознак-маркерів, що можуть бути використані для оцінки впливу абіотичного стресу (зокрема, водного)**

У публікаціях, присвячених мікроморфології поверхні листка та дихового апарату орхідних, авторами неодноразово підкреслювалась таксономічна цінність анатомо-стоматографічних ознак (Rasmussen, 1987; Toscano de Brito, 1998). Значно рідше результати порівняльних анатомо-стоматографічних досліджень розглядаються в екологічному аспекті, зокрема для оцінки адаптаційного потенціалу того чи іншого виду, що є надзвичайно актуальним при інтродукції тропічних рослин за умов штучного клімату (Буюн, 2011).

Попередніми дослідженнями було показано, що зміни у формі та розмірах листка корелюють зі змінами клімату (Ackerly et al., 2002; Wright et al., 2017). Зокрема, як було встановлено, розмір листка представників локальних флор чітко корелює з рівнем опадів (Wiemann et al., 1998; McDonald et al., 2003).

Диховий апарат має велике значення, насамперед, у підтриманні водного балансу та забезпеченні газообміну у рослин, а також реакції

рослин на фактори, які призводять до стресу, в першу чергу на водний дефіцит.

Тому одне з наших завдань полягало у дослідженні мікроморфологічної будови епідермісу листка *Coelogyne* та оцінка можливості використання стоматографічного аналізу для прогнозування адаптаційної здатності цих рослин за умов оранжерейної культури.

Основну увагу було приділено з'ясуванню кількісних критеріїв будови абаксіальної та адаксіальної поверхонь листка (щільність продихів, кількість основних епідермальних клітин на одиницю поверхні, розміри епідермальних клітин та продихів, продиховий індекс). Ці дані можуть бути використані для оцінки адаптаційного потенціалу рослин та прогнозування їх реакції на дію різних стресових факторів, зокрема водного дефіциту.

Як об'єкт дослідження було використано літофітний вид тропічних орхідних *Coelogyne viscosa* Lindl. з колекції НБС. Для видів роду *Coelogyne* Lindl. характерне симподіальне галуження пагонової системи та вегетативно-генеративний елементарний пагін, що складається з плагіотропної та ортотропної частин.

**Морфологічна характеристика *Coelogyne viscosa* Lindl.**  
Кореневищна частина складається з 11–14 метамерів, до 4,1 см завдовжки і до 1,0 см завширшки. Перші 4–8 вузлів несуть низові лускоподібні листки до 1,0 см завдовжки та до 1,0 см завширшки. На 6–9-му вузлах розташовані низові піхвові листки, розмір яких поступово збільшується (від 1,2 до 7,8 см завдовжки та від 1,0 до 2,6 см завширшки). Два верхніх (10,5 см завдовжки та 1,5 см завширшки) охоплюють псевдобульбу. Довжина міжвузлів становить 0,2–0,5 см. На цій ділянці розташовані, переважно, дві пазушні бруньки (рідше – 3), розмір (від 3,8 до 6,0 мм заввишки та від 3,0 до 5,0 мм завширшки) та ємність яких збільшуються в акропетальному напрямку.

Ортотропна вегетативна частина пагона складається, зазвичай із трьох метамерів. Перший з них утворює псевдобульбу (до 8,1 см заввишки та до 3,3 см завширшки). На інших вузлах (міжвузля до 0,1 см завдовжки) розташовані листки серединної формації.

Листок сидячий, цілісний, лінійний, шкірястий, загострений на верхівці, абаксіальна поверхня темно-зелена, адаксіальна – світло-зелена, до 57,6 см завдовжки та до 1,9 см завширшки. Тривалість життя листка 3–6 років.

З верхньої бруньки, розташованої при основі туберидія, ще до початку розвитку вегетативної частини пагона (протерантний тип розвитку), утворюється малоквіткове суцвіття (3–4 квітки) до 15,6 см завдовжки (рис. 2.11) (Гиренко та ін., 2017).

Вегетативно-генеративна частина складається з 16–18 метамерів (до 0,3 см завдовжки), несе луски (від 0,6 до 5,6 см завдовжки та від 0,7 до 1,8 см завширшки) і пазушні бруньки (до 7,0 мм завдовжки) (рис. 2.11).

У рослин цього виду переважає монохазіальний тип галуження – протягом 4–6 років розвивається по одному пагону (рис. 2.12) (Гиренко та ін., 2017).

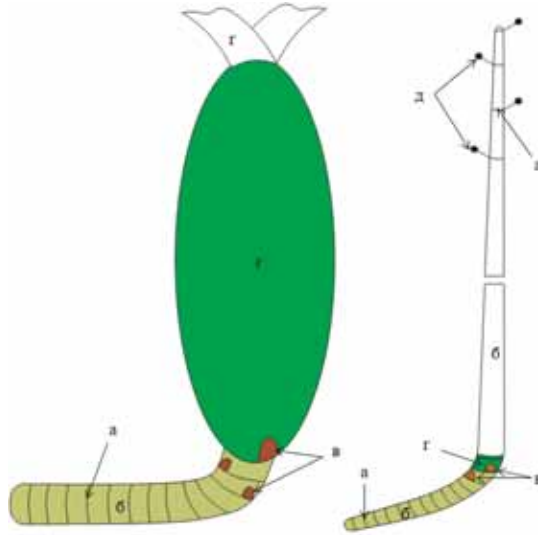


Рис. 2.11. Схема будови елементарного пагона *Coelogyne viscosa*:  
а – вузол; б – міжвузля; в – брунька; г – псевдобульба; г – листок; д – квітка

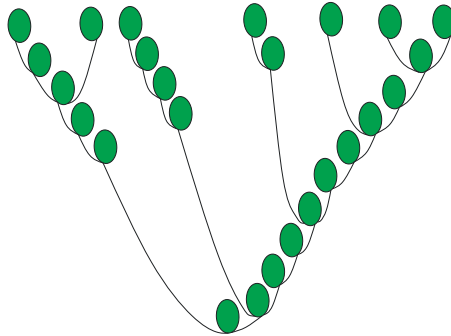


Рис. 2.12. Схема будови клона *Coelogyne viscosa*

**Будова генеративного пагона та фенологія квітування *Coelogyne viscosa* Lindl. (Orchidaceae).** Квітконіжка пряма, до 3,0 см завдовжки. Приквіткові брактії до 3,7 см завдовжки, до 1,0 см завширшки. Квітки діаметром 4,0–5,9 см, білі, з жовтим та коричневим забарвленням на губі, розкриваються одночасно. Чашолистки видовжено-ланцетоподібні, загострені, за довжиною однакові (2,7–3,2 см), завширшки дорсальний дещо більший за латеральні – 0,7–1,1 та 0,7–0,9 см, відповідно. Пелюстки лінійно-ланцетоподібні, загострені, 2,4–2,9 см завдовжки та 0,4–0,7 см завширшки. Губа трилопатева, біла з жовтогарячо-жовтими верхівками бічних лопатей та основою середньої лопаті, темно-коричневі жилки на бічних лопатях та темно-коричневі кілі на середній лопаті.





а

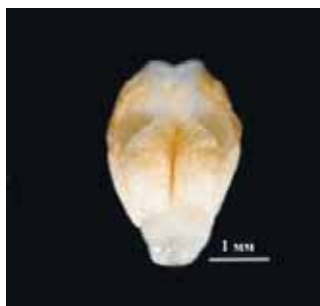
Середня лопать губи з трикутною гострою верхівкою, 1,5–2,2 см завдовжки, 0,5–0,8 см завширшки. Колонка відкрита, дугоподібна, біла, 1,5–1,7 см завдовжки, 0,4–0,6 см завширшки. Ковпачок білий, до 5,3 мм завдовжки, до 3,4 мм завширшки, полінії жовті, видовжені, до 2 мм завдовжки, 0,8 мм завширшки, прилипальце пухке, біло-жовте (рис. 2.13).



б



в



г



д

Рис. 2.13. *Coelogyne viscosa*:

а – суцвіття; б – губа; с – колонка; д – ковпачок; е – полінії

В умовах оранжерей *C. viscosa* квітує щороку: з січня по березень. Тривалість квітучання – близько трьох тижнів.

Тривалість квітучання однієї квітки від 17 до 19 діб. Час з моменту розкриття 1-ої квітки до останньої становить до 3 діб (рис. 2.14).

**Мікроморфологія поверхні листка *Coelogyne viscosa* Rchb.** Листок гіпостоматичний. Клітини епідерми обох поверхонь листка мають квадратну, прямокутну, 5–6-кутну, багатокутну або прямолінійно-округлу форму. Стінки прямі або дещо вигнуті. Кути в суміжних межах тупі, прямі або загострені. Поодинокі трихоми відмічені з обох боків листової пластинки (рис. 2.15).

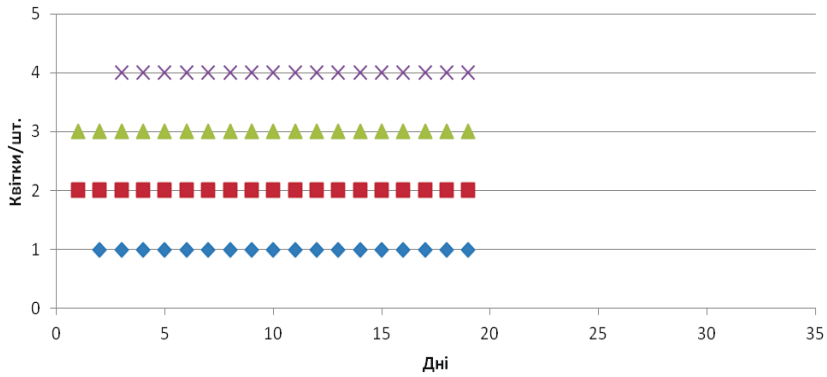


Рис. 2.14. Фенологія квітвання *Coelogyne viscosa*

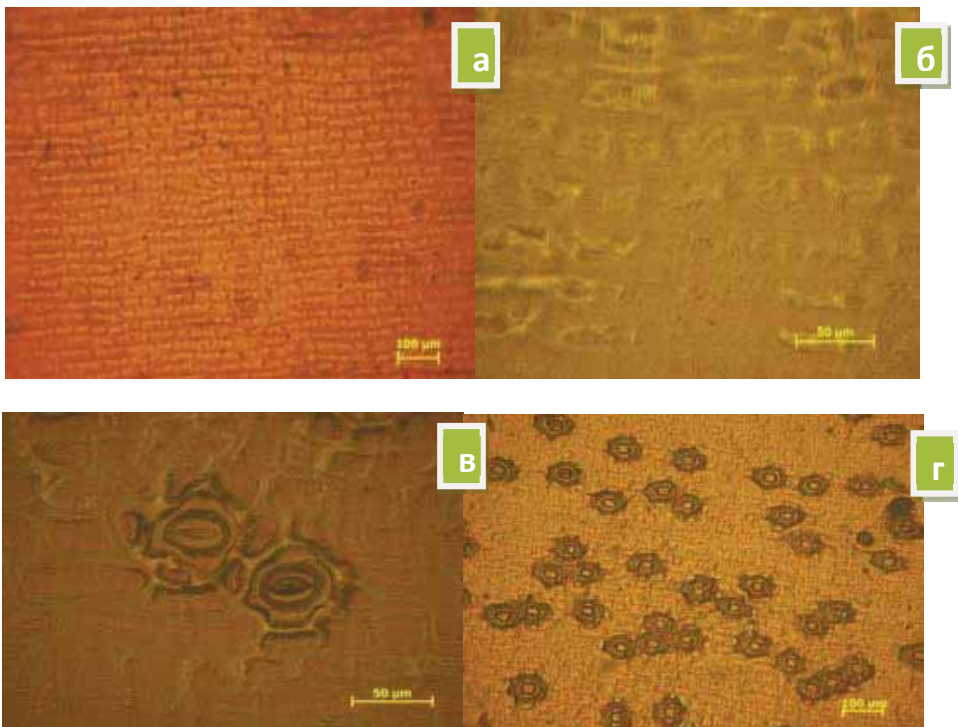


Рис. 2.15. Мікрофотографія поверхні листка та продихового апарату *Coelogyne viscosa*: а, б – адаксіальна поверхня; в, г – абаксіальна поверхня

Кількість епідермальних клітин на адаксіальній поверхні варіює від 504 до 567 ( $533,60 \pm 10,27$ ) на  $1 \text{ мм}^2$ ; клітини від 41,57 до 79,62 ( $52,75 \pm 1,57$ ) мкм завдовжки та від 23,72 до 40,94 ( $31,75 \pm 0,61$ ) мкм завширшки. Щільність трихом– 2–3 на  $1 \text{ мм}^2$ .

**Анатомічна будова листкової пластинки *Coelogyne viscosa*.** Листкова пластинка від 337,93 до 478,70 ( $402,19 \pm 15,03$ ) мкм завтовшки. Верхній шар кутикули варіює від 11,09 до 18,24 ( $14,72 \pm 1,02$ ) мкм завтовшки; нижній – від 5,46 до 7,34 ( $6,53 \pm 0,33$ ) мкм завтовшки.

Верхній шар епідерми 1-шаровий; від 20,35 до 26,36 ( $22,35 \pm 0,63$ ) мкм завтовшки. Клітини округлої або овальної форми; від 12,47 до 21,43 ( $17,80 \pm 0,32$ ) мкм заввишки та від 20,15 до 35,17 ( $26,72 \pm 0,42$ ) мкм завширшки. Від загальної товщини листка частка складає 5,02 %.

Нижній шар епідерми 1-шаровий; від 15,04 до 19,99 ( $17,67 \pm 0,86$ ) мкм завтовшки. Клітини округлої або овальної форми; від 8,00 до 18,89 ( $12,56 \pm 0,43$ ) мкм заввишки та від 16,63 до 30,42 ( $24,65 \pm 0,48$ ) мкм завширшки. Від загальної товщини листка частка складає 3,97 %.

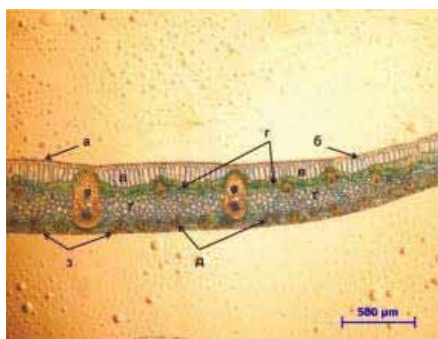
Верхній шар гіподерми 1-шаровий; від 75,93 до 91,53 ( $82,86 \pm 1,98$ ) мкм завтовшки. Клітини циліндричної форми; від 29,42 до 95,95 ( $65,31 \pm 3,25$ ) мкм заввишки та від 16,63 до 50,53 ( $33,33 \pm 1,26$ ) мкм завширшки. Від загальної товщини листка частка складає 18,63 %.

Нижній шар гіподерми відсутній.

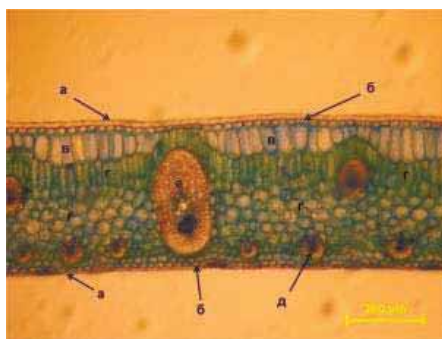
Шар палисадної паренхіми 1-шаровий; від 74,18 до 101,36 ( $89,61 \pm 5,67$ ) мкм завтовшки. Клітини циліндричної форми; від 25,95 до 90,19 ( $63,08 \pm 2,01$ ) мкм заввишки та від 11,84 до 26,00 ( $19,11 \pm 0,60$ ) мкм завширшки. Від загальної товщини листка частка складає 20,15 %.

Губчаста паренхіма від 178,77 до 240,78 ( $211,05 \pm 8,00$ ) мкм завтовшки. Клітини губчастої паренхіми округлої або овальної форми розміщені у 7–9 рядів; від 18,55 до 44,13 ( $30,56 \pm 0,66$ ) мкм заввишки та від 19,50 до 53,10 ( $35,08 \pm 0,95$ ) мкм завширшки. Від загальної товщини листка частка складає 47,45 % (рис. 2.16).

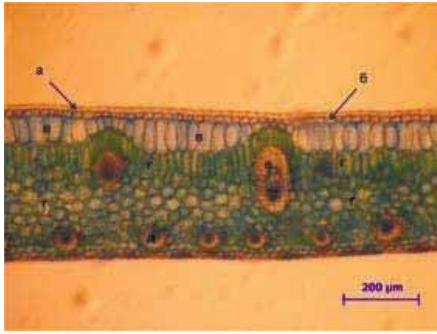
Таким чином, проведені дослідження анатомічної будови листка *Coelogyne viscosa*, зокрема наявність гіподерми, свідчать про стійкість рослин цього виду за умов дефіциту вологи, що, очевидно, можна пояснити способом життя цього виду у природі: рослини можуть вести як епіфітний, так і літофітний спосіб життя.



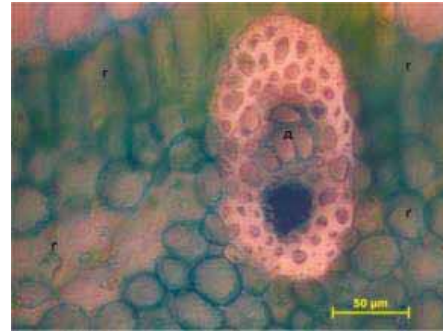
а



б



а



б

Рис. 2.16. Анатомічна будова листка *C. viscosa* А–Б:  
 а – кутикула; б – епідерма; в – гіподерма; г – палисадна паренхіма;  
 г – губчаста паренхіма

## 2.6. Дослідження вмісту про-антиоксидантів (СОД, МДА) у листках ювенільних рослин трьох видів тропічних орхідних – *Calanthe cardioglossa* Schltr., *Guarianthe bowringiana* (O'Brien) Dressler & W.E. Higgins та *Paphiopedilum appletonianum* Rolfe з метою пошуку маркерів ранньої діагностики стресу за низькотемпературної адаптації

Переважаюча більшість даних щодо адаптивних реакцій орхідних до умов оранжерейної культури ґрунтується на результатах фенологічних спостережень і анатомо-морфологічних досліджень. Значно рідше досліджуються еколого-фізіологічні та біохімічні особливості, в той час як саме вони визначають здатність рослин до виживання за певних умов (Жученко, 2001; Таран, 2005).

На думку деяких авторів (Мерзляк, 1999; Giannopolitis & Ries, 1977), універсальним наслідком впливу різноманітних стресорів на живу систему та результатом підсилення окиснювального катаболізму складних органічних сполук є активація пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ). Продукти цієї реакції виступають у ролі первинного медіатора стресу (Барабой *и др.*, 1991), оскільки активація ПОЛ спостерігається вже на першій стадії стресу, тому оцінка інтенсивності ПОЛ за накопиченням вторинних продуктів, а саме малонового діальдегіду (МДА), може бути одним із критеріїв ранньої діагностики стресу.

Нами висвітлено результати дослідження фізіолого-біохімічних особливостей метаболізму орхідних за дії знижених температур на прикладі ювенільних рослин трьох видів – *Calanthe cardioglossa*, *Guarianthe bowringiana*, *Paphiopedilum appletonianum*, розмножених з насіння *in vitro*.

Було встановлено, що при вирощуванні рослин у контрольованих умовах *in vitro* рівень ПОЛ мав видоспецифічну залежність: найбільший вміст МДА характерний для рослин *Calanthe cardioglossa*.

При перенесенні рослин в умови оранжерейної культури концентрація МДА в листках усіх досліджених видів збільшувалась на першу добу експозиції в 1,5–1,7 рази; на другу добу у рослин *C. cardioglossa* та *P. appletonianum* було відмічено зменшення його вмісту (на 15 % і 19 %, відповідно), тоді як у рослин *G. bowringiana* процеси ПОЛ продовжували розвиватись, що виявилось у накопиченні МДА. На сьому добу експозиції концентрація МДА зменшилась у рослин всіх видів, що свідчить про їх адаптацію до умов вирощування (рис. 2.17).

Відомо, що гомеостаз залежить від функціонування регуляторних систем на різних рівнях організації. Для нормалізації стану рослин залучені компенсаторні механізми, що проявляються через різноманітні захисні, зокрема, ферментативні реакції.

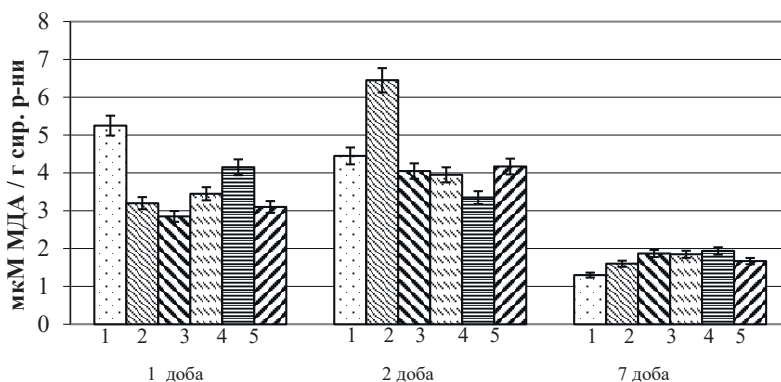


Рис. 2.17. Залежність вмісту МДА у листках видів орхідних від температури та тривалості експозиції:

1. *Calanthe cardioglossa* (+25)<sup>0</sup>C; 2. *C. cardioglossa* (+15)<sup>0</sup>C;
3. *Guarianthe bowringiana* (+25)<sup>0</sup>C; 4. *G. bowringiana* (+15)<sup>0</sup>C;
5. *Paphiopedilum appletonianum* (+25)<sup>0</sup>C; 6. *P. appletonianum* (+15)<sup>0</sup>C

Так, за умов зміни середовища зростання (перенесення рослин-сіянців з умов *in vitro* в умови оранжерейної культури) у стійких видів спостерігалось збільшення активності СОД: у рослин *G. bowringiana* вже на першу (у 1,7 рази), другу (у 2 рази) та сьому (у 2,2 рази) добу. Для рослин *P. appletonianum* характерне деяке зменшення активності СОД (у 1,2 рази) на перших етапах стресу, з наступним зростанням за більш тривалого впливу: на другу (у 2,1 рази) та сьому (у 2,6 рази) добу. Рослини *C. cardioglossa* виявилися найбільш чутливими до зміни середовища зростання, але динаміка активності СОД у цього виду мала хаотичний характер: на першу добу вона зростала (у 1,4 рази), на другу – спадала до рівня її активності, що за умов *in vitro*, а на сьому – знову зростала (у 1,9 рази) (рис. 2.18).

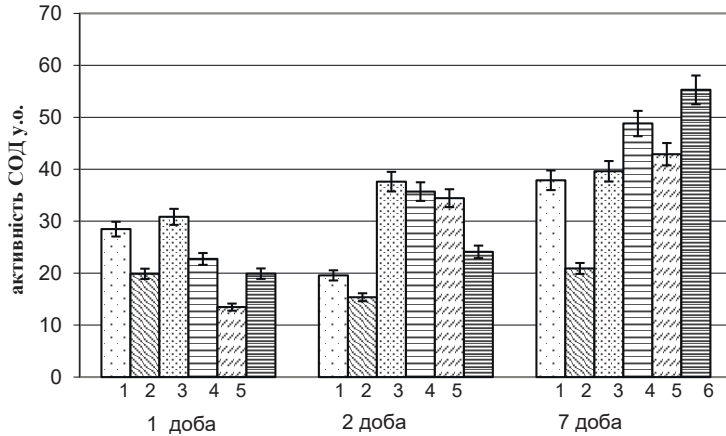


Рис. 2.18. Залежність активності СОД у листках видів орхідних від температури та тривалості експозиції:

1. *Calanthe cardioglossa* (+25)<sup>0</sup>C; 2. *C. cardioglossa* (+15)<sup>0</sup>C;
3. *Guarianthe bowringiana* (+25)<sup>0</sup>C; 4. *G. bowringiana* (+15)<sup>0</sup>C;
5. *Paphiopedilum appletonianum* (+25)<sup>0</sup>C; 6. *P. appletonianum* (+15)<sup>0</sup>C

Активність СОД за дії температури (+15)<sup>0</sup>C на першу добу експозиції знизилась у фотосинтетичних тканинах рослин *C. cardioglossa* (30%) та *G. bowringiana* (26 %), в той же час у *P. appletonianum* збільшилась на 47 % порівняно з рослинами цих видів, що зростали за температури (+25)<sup>0</sup>C (рис. 2.18). Зменшення активності СОД відбувалося й на другу добу у видів *C. cardioglossa*, *P. appletonianum*, а у *G. bowringiana* вона відновилася до рівня рослин, що зростали за температури (+25)<sup>0</sup>C. На сьому добу спостерігалася підвищена активність СОД у стійких видів *G. bowringiana* та *P. appletonianum*, проте у рослин *C. cardioglossa* вона й надалі спадала.

Зниження активності СОД може бути пов'язане з тим, що за дії знижених температур антиоксидантні системи теплолюбних рослин не здатні подолати зростаючі рівні активних форм кисню та пероксидів, що і є основою початкових пошкоджень (Prasad *et al.*, 1994).

Таким чином, рослини досліджених видів, пристосовуючись до нових умов зростання, пройшли дві послідовні фази стрес-реакції, що відповідають класичним. Протягом першої фази ("фази тривоги") відбувалась активація ліпопероксидації, тоді як друга фаза характеризувалася стабілізацією про- та антиоксидантної рівноваги, в даному випадку – на сьому добу експозиції. Її можна визначити як фазу резистентності, за якої знижується інтенсивність ПОЛ за рахунок збільшення антиоксидантних ресурсів.

Отже, отримані результати свідчать про можливість застосування оцінки інтенсивності ПОЛ та активності СОД як критеріїв ранньої діагностики стресу з метою визначення адаптаційного потенціалу рослин

різних видів *Orchidaceae*, що дасть змогу забезпечити їх утримання в умовах оранжерейної культури як одного із шляхів збереження біорізноманіття. Оцінка генотипових та біологічних особливостей рослин, їх взаємодії з середовищем існування дозволить оптимізувати умови вирощування і суттєво підвищити стійкість рослин шляхом індукції природних захисних механізмів, що сприятиме формуванню неспецифічної резистентності.

Підсумовуючи вищесказане, можна зазначити, що:

- на основі аналізу наявної інформації щодо біологічних особливостей, властивостей та використання представників *Sansevieria* Thunb., специфіки отримання та ведення їх стерильної культури, визначено перелік ключових умов для отримання асептичної культури рослин цієї групи.
- з використанням власних експериментальних даних у порівняльному аспекті було проаналізовано наявну інформацію щодо початкових етапів індивідуального розвитку представників підродино *Cypripedioideae* родини *Orchidaceae* (*Paphiopedilum* та *Cypripedium*), виділено проблемні методологічні моменти стерильної культури, що потребують подальшого вирішення;
- дані анатомо-стоматографічного аналізу показали, що наявність кутикули, продиhi заглиблені в епідерміс та великі клітини адаксіального епідермісу вказують на толерантність рослин *Paphiopedilum* до аридних умов середовища. Завдяки таким особливостям анатомічної будови представники роду *Paphiopedilum* зростають в регіонах з вираженим посушливим періодом. Відповідно, види *Cypripedium* та *Phragmipedium*, не маючи вище вказаних пристосувань, зростають в місцях з більшою кількістю вологи;
- навіть в умовах *ex situ* клітини верхньої епідерми у видів *Paphiopedilum* мали значні відмінності в залежності від природних умов зростання виду і можуть бути додатковою ознакою для ідентифікації виду;
- великі клітини адаксіальної епідерми *Paphiopedilum* і *Phragmipedium* можуть виконувати водозапасаючу функцію в посушливий період. Також припускаємо, що ці клітини здатні виконувати функцію лінзи, яка збирає сонячні промені, що проходять в нижні яруси тропічного лісу;
- порівняльне дослідження епідермальних клітин та продиhового апарату листка видів роду *Coelogyne* показало, що за мікрморфологічними ознаками поверхні листка досліджені види складають досить однорідну групу. Найбільш характерними ознаками цих видів є листок гіпостоматичного типу та продиhовий апарат тетрацитного типу. Разом з тим, варіювання щільності продиhив, їх розмірів, кількості основних епідермальних клітин на одиницю поверхні, ймовірно, є свідченням того, що умови

- зростання рослин дослідних видів *in situ*, є надзвичайно різноманітними і відрізняються за низкою екологічних чинників;
- у результаті порівняльного анатомо-стоматографічного аналізу листків модельних видів рідкісних видів орхідних у двох експериментальних моделях (*in vivo* та *in vitro*) було виявлено структурні маркери, які дадуть змогу оптимізувати методи розмноження та постасептичної адаптації рослин, розмножених в умовах культури *in vitro*, що є слабкою ланкою біотехнологічних розробок, а відтак і вдосконалити існуючі методи депонування рідкісних та зникаючих видів тропікогенних флор у штучних умовах на різних етапах розвитку спорофіта та гаметофіта;
  - отримані результати свідчать про можливість застосування оцінки інтенсивності ПОЛ та активності СОД як критеріїв ранньої діагностики стресу з метою визначення адаптаційного потенціалу рослин різних видів *Orchidaceae*, що дасть змогу забезпечити їх утримання в умовах оранжерейної культури як одного із шляхів збереження біорізноманіття.



## РОЗДІЛ 3

# БІОЛОГО- ЕКОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ АДАПТАЦІЇ ЦІННИХ ІНТРОДУЦЕНТІВ ЗА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗІВ І ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ РОСЛИННИХ РЕСУРСІВ

---

---

### 3.1. Перспективи інтродукції та адаптації рослин видів роду *Crambe* L.

Сучасні кліматичні зміни, які з кожним роком стають все більш екстремальними для всього біологічного різноманіття, у тому числі й людини, не залишаються поза увагою науковців, адже потребують своєчасного попередження можливих негативних наслідків.

Рослинний світ один із перших зазнає вплив кліматичних змін, тому будь-які порушення його функціонування відбиваються на життєдіяльності екосистем. На жаль, збереженню рослинної різноманітності приділяється значно менше уваги у порівнянні із тваринним світом (Balding & Williams, 2016). Глобальною стратегією збереження рослин (Global Strategy for Plant Conservation 2002) передбачалося зменшення втрат фіторізноманітності, подолання бідності та сприяння сталому розвитку. Для досягнення цієї всеохоплюючої мети GSPC встановив низку цілей, одна з яких полягає у забезпеченні того, щоб рослинне різноманіття було добре вивчене, для того, щоб його можна було ефективно зберегти та використовувати у сталій спосіб (Filardi et al., 2018).

У ботанічній науці існує велика кількість методів моніторингу природних фітокомплексів: експедиційні дослідження (Якубенко, 2019) та більш сучасні – космо- та аерофотозйомка (Ваена et al., 2017). Зібраний за використання даних методів матеріал проходить аналіз, у результаті якого визначається подальша доля проблемної території (надання статусу заказника, заповідника тощо). На нашу думку, такий захист рослинної різноманітності не є зовсім досконалим, адже не в змозі повністю виключити вплив антропоічних, кліматичних, едафічних, орографічних, біотичних тощо факторів.

Ботанічні сади є осередками збереження різноманітності рослин *ex situ* та можуть запобігти їх зникненню шляхом комплексних природоохоронних заходів. Сьогодні в ботанічних садах світу міститься щонайменше 105 634 видів рослин, що складає 30 % усього фіторозмаїття, а також зберігають понад 41 % видів, що знаходяться під загрозою зникнення. Однак переважна більшість ботанічних садів (близько 93 %) знаходяться в зоні з помірним кліматом, тому за оцінками, 76 % видів,

відсутніх в живих колекціях, мають тропічне походження. Хоча ботанічні сади помітно реагують на загрозу зникнення видів, тільки 10 % пропускну здатності мережі відведено під зникаючі види. Таким чином, ботанічні сади відіграють фундаментальну роль в збереженні рослин, але при цьому потребують удосконалення заходів, спрямованих на поліпшення збереження біорізноманітності (Рахметов, 2011; Рахметов та ін., 2015; Mounce et.al, 2017).

Враховуючи світові тенденції щодо стратегій діяльності ботанічних садів, а також пошук можливих шляхів подолання проблеми скорочення фіторізноманітності, у відділі культурної флори розробляються підходи, які дозволяють не тільки зберегти та збагатити рослинний світ, але й на основі залучених до інтродукційного процесу представників створити форми, гібриди та сорти, необхідні для ефективного господарювання та забезпечення потреб суспільства (Блюм та ін., 2010; Барбаш та ін., 2011; Кораблева та Рахметов, 2012; Черевченко, Рахметов та ін., 2012; Рахметов, Вергун та ін., 2020).

Отже, у зв'язку з погіршенням екологічних умов на Землі, поряд з іншими, актуальними стали проблеми посухи, енергетики та забезпечення людства технічними і енергетичними засобами. Кліматичні зміни в Україні у бік потепління в останні десятиріччя спричиняють потребу серйозного перегляду традиційного набору корисних культур та створення нових екологічно пластичних сортів і гібридів (Інтродукція..., 2020).

Одними з найперспективніших, але у той же час не достатньо вивченими та невідомими у культурі в Україні видів рослин є представники роду *Crambe*.

Види роду *Crambe* відносяться до родини капустяних (*Brassicaceae*). Вперше рід був описаний в 1700 році Турнефором, потім більш детально його розглянув Декандоль. Велика заслуга у вивченні видів роду катран належить відомим ботанікам Х.Х. Стевену, Н.А. Бушу, Е.Г. Черняхівському, А.А. Гроссгейму, В.Ф. Васильєву та ін.

Представники роду *Crambe* є однорічними і переважно багаторічними рослинами. Пагони голі або опушені простими волосками, часто дуже розгалужені, з великими листками і численними білими квітками, зібраними у великі волотеподібні суцвіття. Плід – членистий (розпадається на окремі членики), складається з двох члеників, з яких верхній кулястий, однонасінний, нижній – короткий, неплідний.

Кількість видів даного роду становить, за деякими джерелами, до 30 (Leppik and White, 1975), 40 (Francisco-Ortega et al., 2002; Prina) та понад сорок видів. За Plant list (<http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Crambe>), існує 45 видів рослин даного роду. Більшість видів даного роду відносяться до багаторічних, частина – до однорічних трав. Однорічні види, в основному, поширені у Середземномор'ї та іноді на сході Північної Африки (Leppik and White, 1975).

Відомо, що рослини даного роду поширюються від Макаронезійського архіпелагу до східного Китаю та до Півночі від Індії до скандинавського півострову та Півночі Танзанії. Даний рід представлений у євро-

сибірському, середземноморському, синді-сахарському, ірано-турецькому, судано-замбезійському регіонах (Prina, 2009).

Candolle (1821) вперше розділив рід на три секції на основі структури нижнього сегменту плоду, габітусу рослин та географічного походження: *Sacroscrambe* DC. (південно-східна Європа), *Leptoscrambe* DC. (Середземномор'я, Східна Африка), та *Dendroscrambe* DC. (Макронезійський регіон) (Prina, 2000; Prina and Martinez-Laborde, 2008; Prina, 2009). Пізніше автори Prantl (1891) та Schulz (1919) додали опис деяких видів до існуючих 3 секцій: *Crambe* (*Sacroscrambe* DC.), *Leptoscrambe* DC., *Dendroscrambe* DC. До секції *Crambe* відносяться такі види, як *C. cordifolia*, *C. koktebelica*, *C. maritima*, *C. steveniana*, а до *Leptoscrambe* – з-поміж інших, *C. hispanica subsp. abissinica*.

Систематичне положення видів роду *Crambe* інтродукованих в НБС імені М.М. Гришка НАН України наведено за Тахтаджаном А.Л. (Тахтаджян, 1987)

- Відділ: Вищі рослини (Streptophyta)  
 Судинні (Tracheophyta)  
 Покрытонасінні (Magnoliophyta)  
 Підклас: Розиди (Rosids)  
 Порядок: Капустоцвіті (Brassicales)  
 Родина: Капустяні (Brassicaceae)  
 Рід: Катран (*Crambe*)  
 Вид: Катран татарський *C. tatarica* Seb., 1779

У флорі України нараховують близько 10 видів рослин, з яких 8 видів занесені до III Червоної книги України (рослинний світ), 2 ендеміки АР Крим (табл. 3.1) (*Crambe*, The Plant List, 2021, Нечитайло, 2005).

Таблиця 3.1

**Види, занесені до “Червоної книги України” та їх категоризація**  
 (Червона книга України, 2009)

Вид рослин <i>Crambe</i>	Категорія	
	Червона Книга України	IUCN
<i>Crambe aspera</i> M. Bieb.	Вр	VU
<i>C. grandiflora</i> DC.	Вр	VU
<i>C. koktebelica</i> (Junge) N. Busch	Р	EN
<i>C. maritima</i> L. ( <i>C. pontica</i> Stev. ex Rupr., nom. nud.)	Вр	VU
<i>C. mitridatis</i> Juz.	Вр	VU
<i>C. pinnatifida</i> R. Br.	Вр	VU
<i>C. steveniana</i> Rupr.	Вр	VU
<i>C. tatarica</i> Sebeok	Вр	VU

*Примітка:* вразливі (Вр) – у найближчому майбутньому, якщо триватиме вплив негативних факторів, можуть бути віднесені до зникаючих;  
 рідкісні (Р) – відомі з небагатьох місцезнаходжень, популяції характеризуються відносно стабільними, хоча й низькими показниками;

VU (Vulnerable) – вразливі, є під загрозою зникнення: поширення обмежується 2000–20000 км<sup>2</sup>, а спостереження підтверджують, що 20 % популяцій уразливі;

EN (Endangered) – загрожувані, зникаючі, що визначається за такими ознаками: поширення популяцій обмежується 500–5000 км<sup>2</sup>, а спостереження підтверджують, що 50 % популяцій уразливі

У колекційних фондах ботанічних садів та дендропарків України представлено 9 видів роду *Crambe* (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Види рослин роду *Crambe*, що входять до колекційних фондів ботанічних садів та дендропарків України**

(Каталог декоративних..., 2015)

Вид рослин <i>Crambe</i>	Ботанічний сад, дендропарк
<i>Crambe aspera</i> M.Bieb.	Ботанічний сад Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, НДЛ “Ботанічний сад” Навчально-наукового центру “Інститут біології” Київського національного університету імені Тараса Шевченка
<i>C. cordifolia</i> Steven	Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, Ботанічний сад Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, НДЛ “Ботанічний сад” Навчально-наукового центру “Інститут біології” Київського національного університету імені Тараса Шевченка
<i>C. grandiflora</i> DC.	Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України
<i>C. juncea</i> M.Bieb.	Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України
<i>C. koktebelica</i> (Junge) N. Busch.	Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України
<i>C. maritima</i> M.Beib., non L. sin. <i>C. pontica</i> Steven ex Rupr. <i>C. pontica</i> Steven ex Rupr. syn. <i>C. maritima</i> M. Beib, non L.	Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, Донецький ботанічний сад НАН України, Ботанічний сад Дніпропетровського національного університету, Агробіостанція – Ботанічний сад Херсонського державного університету, Ботанічний сад Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, Ботанічний сад Львівського національного університету імені Івана Франка, Запорізький міський дитячий ботанічний сад, НДЛ “Ботанічний сад” Навчально-наукового центру “Інститут біології” Київського національного університету імені Тараса Шевченка
<i>C. steveniana</i> Rupr.	Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України
<i>C. tataria</i> Sebeók	Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, Донецький ботанічний сад НАН України, Ботанічний сад Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, НДЛ “Ботанічний сад” Навчально-наукового центру “Інститут біології” Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Назва роду походить від грецького слова, що в перекладі означає “капуста”, і пов’язана, очевидно, з тим, що з давніх часів представники цього роду під назвою “морська капуста” культивувалися в країнах Південної Європи як овочі.

У світовій науковій практиці рослини видів роду *Crambe* викликають великий інтерес з точки зору овочевої культури оскільки надземна і підземна фітомаса вживається як замітник традиційних овочевих культур (капуста, спаржа, гірчиця тощо) для приготування поживних дієтичних страв (Bayar et. al., 2020).

Свіжий корінь катранів використовують як замітник коріння хрону васабі для приготування пряно-смакової суміші. Приправи з цієї рослини не тільки не поступаються за смаковими властивостями, але й є економічно вигіднішими в зв’язку із нівелюванням імпортованої сировини. Також їх вживають у відвареному і запеченому вигляді, з них можна готувати салати і соуси, використовувати при засоленні і маринуванні томатів, огірків.

Види роду *Crambe* вивчаються як фіторемедіанти для виведення із ґрунтів Cd и Pb (Aquino et al., 2020), в умовах Середземноморського клімату вивчаються перспективи вирощування як олійної культури (Zanetti et. al., 2016). Також на площах сільськогосподарських угідь разом із *Camelina sativa* (L.), *Brassica juncea* L. використовували *Crambe abyssinica* Hochst. Ex R.E.Fr., cv. BelAnn у боротьбі із соєвою нематодою (*Heterodera glycines* Ichinohe, SCN) – серйозний шкідник, який вражає близько 90 % площ, на яких вирощується соя в США (Acharya, Yan & Berti, 2019).

Деякі представники цього роду мають високий вміст поліфенолів, володіють антиоксидантними, а також антимікробними властивостями, при цьому не справляють цитотоксичний ефект на еритроцити крові людини. Окремі представники видів роду *Crambe* в листках та стеблах накопичують понад 20 різновидів флавоноїдів, що робить їх перспективними для використання як лікарської фітосировини при профілактиці та лікуванні серцево-судинних захворювань (Bayar et. al., 2020).

Накопичення такого елемента як синапіну свідчить про перспективи вживання даної рослини для збільшення стійкості організму людини та тварин до радіаційного забруднення.

Рослини роду *Crambe* характеризуються досить високою стійкістю як до високих температур із низьким рівнем зволоженості, так і до низьких температур (навіть у досить тривалі без снігового покриву зимові періоди) (Vasconcelos et. al., 2017).

У насінні рослин концентрується окремий клас речовин, як глюкозинолати. Це група БАС, які зустрічаються в капусті, включаючи білокачанну, цвітну та броколі. Ці сірковмісні сполуки часто відповідають за гіркий або гострий смак цих овочів і містяться в таких спеціях, як гірчиця і хрін, які надають їжі пікантний смак.

Нині багато науковців працюють над створенням сортів, що характеризуються підвищеним вмістом ерукової кислоти, яка в

промислових масштабах використовується для зниження цетанового числа біодизелю. Отриманий після виділення з насіння олії шрот (макуха), використовується як замітник соєвої муки, оскільки характеризується близькою цінністю білків.

Здійснено морфологічний аналіз корневих систем рослин, який дозволяє відмітити у досліджуваних видів роду *Crambe* наявність слідів контрактильності, що проявляється в його базальній частині. Скорочення коренів у представників роду *Crambe* можна вважати адаптивною ознакою, яка дозволяє цим рослинам втягувати бруньки відновлення в ґрунт під впливом несприятливих умов. Зовнішньому прояву скорочення коренів сприяє утворення крупної розетки листків, яка характеризується коротким пластохроном та високими темпами органогенезу. Крім того, необхідно відмітити міцне закріплення в ґрунті вертикально розташованого головного кореня. Це дозволяє йому при скороченні затягувати базальну частину стебла із розташованими на ньому бруньками відновлення. Встановлені особливості анатомічної будови коренів видів роду *Crambe* (добре розвинута луб'яна паренхіма, радіальні промені та паренхіма ксилеми) не протидіють скорочуванню кореня. Навпаки, достатня кількість м'яких, не здерев'янілих паренхімних тканин, відсутність механічних елементів та крупноклітинність – необхідна умова для кращого прояву контрактильності (Михайлова, Бирюлева, 2013).

Багатошаровість паренхіми, ксилеми та флоєми, добре розвинута первинна кора, дають можливість кореню видів роду *Crambe* виконувати запасаючу функцію.

Листок всіх досліджуваних видів – типовий дорзовентральний, гіпостоматичний. В будові листка виявлені риси ксероморфності: наявність кутикули, опушення, потовщення зовнішніх стінок епідерми, малий об'єм міжклітинного простору, наявність механічної обкладки пучка. Листки, що розвиваються на яскравому світлі мають вищий ступінь ксероморфності. Найбільш виражені ці риси у двох видів *C. koktebelica* і *C. mitridatis*. Поряд із цим, виявлені риси будови, характерні для мезофітів: переважання губчатої тканини. Всі ці дані дозволяють віднести види роду *Crambe* до групи ксеромезофітів.

Катран татарський (*Crambe tatarica* Seb., 1779 ) – один із найпоширеніших видів у степовій зоні України – сизувата синьо-зелена багаторічна рослина заввишки від 40 до 60-120 см із м'язистим веретеноподібним коренем і великим кулястим суцвіттям (Липа, 1963, Нечитайло, 2005). Стебло дуже розгалужене, має форму кулястого куща. Листки 2-перистороздільні. Квітки білі, численні. Плоди – голі нерозкривні 2-членні стручечки з майже кулястим поперечно зморшкуватим 4-реберним верхнім членником (Mukhailova, 2013, Pushkarova et al., 2016). В.А. Нечитайло (2005) ж за типом будови плоду відносить рід *Crambe* до групи представників родини, що мають плід горішок (Нечитайло, 2005). Квітує у травні–червні. Розмножується насінням. Росте на кам'янистих, здебільшого вапнякових схилах в Лісостепу.

Катран має цікаву життєву форму – перекотиполе, що виробилася в процесі еволюції як пристосування до поширення плодів. Коли плоди дозрівають, стебло біля основи відламується; сильні осінні вітри перекочують кулястий кущ на далеку відстань, розсіваючи насіння.

Загрозами для чисельності та розповсюдження раритетних видів рослин роду *Crambe* є антропогенні фактори: інтенсивна трансформація екотопів внаслідок господарської діяльності, сильне і поступово ростуче рекреаційне навантаження, активна забудова літоральної смуги по всьому ареалу виду, збирання рослин для букетів та харчових цілей; природні: стенотопність та низька конкурентна спроможність виду, недостатнє природне відновлення. Занесена до Червоної книги України, природоохоронний статус – вразливий. Охороняється в Чорноморському БЗ, Ялтинському гірсько-лісовому, Карадазькому ПЗ та в Азово-Сиваському НПП (Каліста, 2016, Мухайлова, 2013).

Особливості розвитку рослин роду *Crambe* (на прикладі рослин катрана абіссінського). Основні фази росту та розвитку: проростки, утворення розетки, стеблуння, бутонізація, квітування, досягання. В сприятливих умовах проростки з'являються на 7–9 добу після сівби. Тривалість цієї фази становить 6–12 діб. На початку вегетації *Crambe* росте повільно. У фазу утворення розетки, яка триває 10–13 діб, розвиваються четвертий-дванадцятий листки.

У період бутонізації залежно від забезпеченості вологою і теплом відбувається найбільш швидкий ріст рослин у висоту. Від бутонізації до квітування проходить 25–35 діб. Ця фаза настає на 45–55 добу після появи сходів і триває 15–20 діб. Процес дозрівання триває 25–35 діб. У цілому тривалість росту і розвитку рослин у культурі становить 90–102 доби.

Загальна тривалість періоду вегетації та окремих фенологічних фаз залежить в основному від вологозабезпеченості. Так, в посушливі роки при ГКТ 0,5 та 0,2 тривалість вегетації становила 90 та 89 діб відповідно. У роки з надлишковим зволоженням катрани розвиваються повільніше – при ГТК 1,7 період від сходів до стиглості складав 101 добу. Математичний аналіз показав тісний зв'язок між тривалістю вегетаційного періоду та температурою повітря ( $r = 0,79$ ), а також з ГТК ( $r = 0,89$ ). Завдяки своїй невибагливості, адаптивності до факторів середовища і короткому вегетаційному періоду *Crambe* можна віднести до ряду перспективних культур для вирощування в різних агробіологічних умовах (Николаєва, 1985, Смирнов и др., 2014).

Катран – чудова декоративна рослина. Його можна вирощувати на клумбах, кам'янистих гірках, газонах. Добре розмножується насінням. Перспективна олійна рослина (в насінні міститься до 40 % жирної олії), тому деякі види катрану культивують як олійні та силосні рослини (Нечитайло, 2005). Добрий медонос (Pushkarova et al., 2016). З молодих весняних листків і пагонів катрану татарського готують салати (Липа, 1963, Нечитайло, 2005).

Рослини роду катран поширені в культурі в країнах Середземномор'я. Використовуються вони як олійні культури. При переробці насіння

катрану отримують харчову олію, аналогічну гірчичній жирній олії (табл. 3.3, 3.4). Знежирене насіння можна використовувати як складовий компонент у комбікормах для худоби. Як і у більшості рослин родини капустяні, насіння катрану кулясте, діаметром 2,5–3,5 мм, маса 1000 шт. становить 4,5–11 г.

Таблиця 3.3

**Хімічний склад насіння катрану % в перерахунку на абс. суху речовину**

Показник	Насіння	Складові частини насіння	
		ядро	оболонка
Вміст:			
вологи	8,52	7,34	11,51
ліпідів	37,32	50,05	2,42
протеїну	(N x 6,25) 19,45	22,73	7,48
целюлози	19,17	6,13	59,16
золи	3,82	3,74	4,06

Жирнокислотний склад триацилгліцеролів насіння катрану відрізняється дуже високим вмістом ерукової кислоти (% від суми).

Таблиця 3.4

**Жирнокислотний склад триацилгліцеролів насіння катрану**

C16:0	2	C18:3	6–7
C18:0	1	C20:1	3–4
C18:1	12–15	C22:1	55–60
C18:2	8–10		

Щільність масла катрану при 20°C 907–919 г/м<sup>3</sup>; показник заломлення 1,472–1,473; температура застигання від -8 до -11°C; кінематична в'язкість при 20°C становить 96-118 – 10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с (Промышленное..., интернет-ресурс).

У попередніх дослідженнях, проведених у НБС імені М.М.Гришка НАН України, оцінено біохімічний склад різних видів рослин *Crambe*. Показано можливості накопичення окремих сполук у надземній частині рослин, що є важливим аспектом для оцінки перспективи використання фітосировини. Поряд з надземною масою були проведені дослідження кореневої системи рослин *Crambe* після зимового періоду. Встановлено, що рослини здатні накопичувати такі поживні речовини, як вітаміни, макроелементи, розчинні цукри, дубильні речовини та ін. (Vergun et al., 2018, Vergun et al., 2019).

Незважаючи на важливі перспективи використання катрану як овочевої, кормової та енергетичної рослини, у біоконверсії України досі не були



проведені комплексні дослідження з встановлення найперспективніших видів, форм та гібридів роду *Crambe*. Не визначено інтродукційний потенціал рослин та не оцінено світові ресурси. Робота зі створення генофонду рослин видів роду *Crambe* в Україні знаходиться на початковому етапі.

За багатоічний період у відділі культурної флори НБС імені М.М. Гришка НАНУ проводилася комплексна робота з розробки наукових основ збереження, збагачення та ефективного використання ресурсів цінних інтродуцентів та рідкісних рослин роду *Crambe* з підвищеним адаптаційним та продуктивним потенціалом за впливу кліматичних змін в Україні. Створено колекцію рослин роду *Crambe*. Проводилися дослідження з оцінки біолого-екологічних, онтоморфогенетичних, анатомічних, біохімічних, алелопатичних особливостей рослин та продуктивних показників на видовому та формовому рівні.

Надана оцінка урожайному, енергетичному потенціалу рослин за використання їх як сировинної, енергетичної, овочевої, лікарської та кормової культури.

Визначено найперспективніші види і форми. Встановлено особливості росту та розвитку рослин протягом вегетації. Визначено морфометричні параметри рослин. Здійснено порівняльний аналіз насінного матеріалу за мікро- та макроморфологічними ознаками інтродуцентів. З'ясовано якісні показники насіння в лабораторних та польових умовах.

Отримані господарсько-цінні рослини *Crambe* в культурі *in vitro*, що надали можливості проводити дослідження біохімічного вмісту, особливостей накопичення тих чи інших нутрієнтів, стійкості, а також відібрати найбільш перспективні сортозразки та гібриди форм.

Проведений відбір оптимальних способів передпосівної обробки насіння рослин та їх пророщування в умовах *in vitro* та у відкритому ґрунті. Встановлено закономірності накопичення поживних речовин залежно від фази розвитку.

Визначено інтродукційний та акліматизаційний потенціал рослин видів роду *Crambe*. Розроблено фізіолого-біохімічні та екологічні основи адаптації рослин. Підібрано нові високопродуктивні форми рослин видів роду *Crambe* з підвищеним адаптаційним потенціалом.

Визначено продуктивний потенціал відібраних генотипів рослин. Розроблено ефективні методи відбору, розмноження, культивування, використання та збагачення різноманіття перспективних генотипів інтродукованих та виведених форм рослин видів роду *Crambe*. Оцінено потенційну здатність рослин *Crambe* до фітоінвазій. Досліджено особливості адаптації рослин до водного стресу *ex situ*. Визначено вміст фотосинтетичних пігментів рослин.

У колекційному фонді енергетичних, кормових та сировинних рослин відділу культурної флори НБС імені М.М. Гришка НАН України зібрано цінний генофонд рослин роду *Crambe*, який нараховує 17 таксонів (табл.3.5, рис. 3.3–3.5) (Колекційний..., 2020).

Колекція рослин роду *Crambe*, яка створена у відділі культурної флори  
НБС імені М.М. Гришка НАН України (Колекційний..., 2020)

Назва таксону	
латинська	українська
<i>Crambe cordifolia</i> Stev.	Катран серцелистий
<i>C. grandiflora</i> DC.	К. великоквітковий
<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i> (Hochst. Ex R.E.Fr.) Prina	К. абісинський
<i>C. juncea</i> M. Bilb.	К. прутоподібний
<i>C. koktebelica</i> (Jange) N. Busch	К. коктебельський
<i>C. maritima</i> L.	К. морський
<i>C. pontica</i> Stev.	К. понтійський
<i>C. steveniana</i> Rupr.	К. Стевена
<i>C. tataria</i> Sebeok	К. татарський
<i>Crambe cordifolia</i> Steven, f. ЕОКТСФ-1	Катран серцелистий, ф. ЕОКТСФ-1
<i>C. koktebelica</i> Junge, f. ЕОКТКФ-4	К. коктебельський, ф. ЕОКТКФ-4
<i>C. pontica</i> Steven, f. ЕОКТПФ-5	К. понтійський, ф. ЕОКТПФ-5
<i>C. steveniana</i> Rupr., f. ЕОКТСФ-6	К. Стевена, ф. ЕОКТСФ-6
<i>C. tataria</i> Sebeok., f. ЕОКТСФ-7	К. татарський, ф. ЕОКТСФ-7
<i>C. maritima</i> L., f. ЕОКММ	К. морський, ф. ЕОКІМ
<i>C. grandiflora</i> DC., f. ЕОКТВФ-2	К. великоквітковий, ф. ЕОКТВФ-2
<i>C. juncea</i> M. Bilb., f. ЕОКТПФ-3	К. прутоподібний, ф. ЕОКТПФ-3

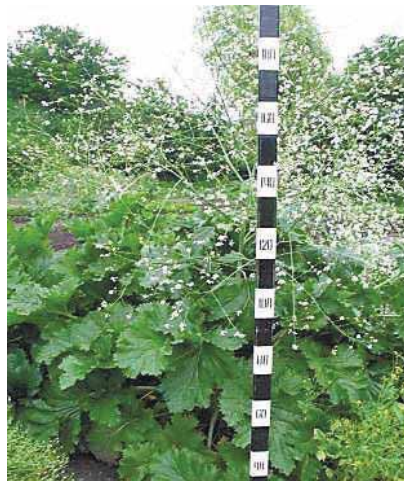


Рис. 3.3. *Crambe cordifolia* Steven, f. ЕОКТСФ-1

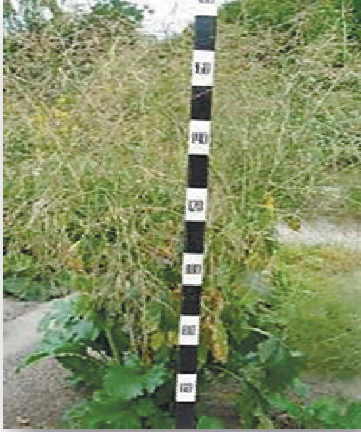


Рис. 3.4. *Crambe koktebelica* (Junge),  
f. EOKTKF-4



Рис. 3.5. *Crambe maritima* L.,  
f. EOKMM

### 3.2. Умови, об'єкти та методи дослідження

**Кліматичні та метеорологічні умови району дослідження.** Дослідження проводились на території Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Територія ботанічного саду – товстий шар лесу, порізаного ярами, балками і долинами річок. На правому березі Дніпра виявлено багато сповзань ґрунту. НБС розміщується на двох лесових залишках: південному, що має невеличкий нахил, і північному, що має форму плато. На півдні сад обмежується долиною р. Либідь, що впадає в Дніпро, на півночі і північному сході межує з Старо-Наводницькою, а на заході й південному заході з Воєнно-Кладбищенською балками. Геологічні особливості ботанічного саду визначаються розміщенням його в межах перехідної зони від Українського кристалічного щита, який прикрито товщами осадкових порід до 400 м заввишки.

На території саду в деяких місцях оголюються відклади третинної і четвертинної систем, які є підстилаючим горизонтом для сучасних дуже еродованих ґрунтів. Порооди третинної системи залягають безпосередньо на крейдяних відкладах. В нижній частині їх міститься сірка, темно-зелені та світло-зелені глауконітові піски бучацького і канівського ярусу, презентовані зеленувато-голубим мергелем – спондиловою глиною. Ця глина утворилась з багатої морської мікрофауни – форамініфер, радіолярій, губок і вапняковидних водоростей.

Основний тип ґрунту на території саду – темно-сірий опідзолений. Тут спостерігається ряд його різновидів. У зв'язку з різкою пересіченістю

рельєфу саду, всі ґрунти на поверхні дуже розмиті або й зовсім змиті і характеризуються малою кількістю гумусу.

Ґрунтові води на території ботанічного саду знаходяться на великій глибині, тож на ґрунтотвірні процеси впливу не мають.

У цілому територія представлена сірими лісовими опідзоленими ґрунтами. Вміст гумусу в ґрунті становить 3,26 %, рН 6,7, вміст азоту – 98 мг/кг, фосфору – 373 мг/кг, калію – 66 мг/кг ґрунту.

Клімат правобережного лісостепу України – помірно континентальний. Тривалість вегетаційного періоду 200–212 діб. Середньодобова температура повітря за багаторічними даними близько +7,5 °С. Середньомісячна температура за вегетаційний період складає +15 °С, а найбільш теплого місяця (липня) – +19,3 °С. Середньорічна кількість опадів за багаторічний період складає 562 мм. Відносна вологість повітря в літні місяці знаходиться в межах 65–66 %.

Метеорологічні умови протягом 2017–2021 рр. були досить екстремальними і в цілому задовільними для приживаності рослин, проростання насінного матеріалу. Впродовж років досліджень спостерігали поступове підвищення середньомісячних температур, які в окремі роки сягали рекордних значень. У 2018 році зафіксовано рекордно високу середньомісячну температуру повітря квітня (відхилення від середніх багаторічних показників складало +3,8 °С при кількості 8 мм). У 2019 році зафіксовано літній рекорд +5 °С у червні при забезпеченості вологістю даного місяця лише на 82 %, а також зимовий рекорд у грудні (відхилення від норми складало +5 °С при кількості опадів 78 %). Рекордно високі середньомісячні температури фіксували також у 2020 році восени, а саме у вересні – +4,2 °С при кількості опадів 55 % від норми, у жовтні – +4,1 (кількість опадів складала 258 % від норми).

Опади в період вегетації розподілялись нерівномірно і по всіх місяцях, крім червня, спостерігалось від'ємне відхилення від місячної норми (рис. 3.6).

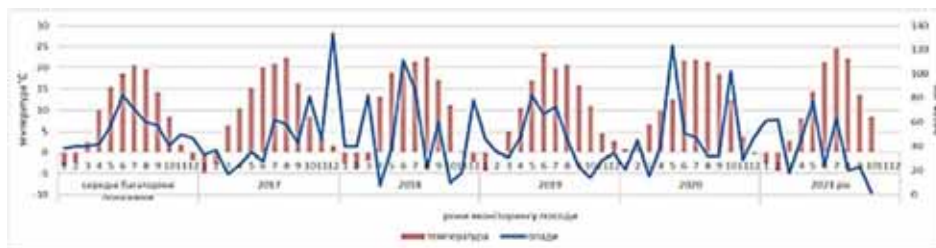


Рис. 3.6. Динаміка середньомісячних температур та кількості опадів за вегетаційний період (2017–2021 рр.)

Середня тривалість снігового покриву у Києві становить 102 діб. Середньомісячна відносна вологість повітря (за зимового максимуму) становить 86 %.

Порівнюючи 2017–2021 рр., протягом яких проводились польові досліді, можна відмітити, що незважаючи на значний недобір атмосферних опадів, ці роки були відносно сприятливими для розвитку рослин. У 2017 році погодно-кліматичні умови території були більш сприятливими порівняно з наступними роками та позитивно вплинули на сходи насіння, ріст та розвиток надземної частини, накопичення біологічно активних сполук тощо.

Об'єкти та методи проведення польових та лабораторних досліджень. Об'єкт дослідження – біологічні, екологічні, біохімічні, особливості рослин видів роду *Crambe* L., онтоморфогенез, продуктивний потенціал в умовах культури.

Предмет дослідження – 5 видів роду *Crambe* L.: однорічний – *C. hispanica* subsp. *abyssinica* (Hochst. et R.E.Fr.) Prina, багаторічні – *C. cordifolia* Steven, *C. koktebelica* (Junge) N. Busch, *C. maritima* L., *C. steveniana* Rupr., *C. grandiflora* DC, *C. tataria* Sebeok (Каталог..., 2015, 2020) (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Рослини видів роду *Crambe* L. в період квітування  
(1 – *C. cordifolia*, 2 – *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, 3 – *C. koktebelica*,  
4 – *C. maritima*, 5 – *C. Steveniana*)

Методи дослідження – польові, біоморфологічні, інтродукційні, біохімічні, алелопатичні, статистичні.

Польові досліді закладали відповідно до існуючих методик “Методика... 1970, 1994”.

Латинські та українські назви рослин і основних таксонів подані відповідно до рекомендацій, наведених у “Ботаническая номенклатура, 1989; Ботанический словарь, 1978; Ботаника... 1997”.

Основний метод роботи – порівняльний морфологічний аналіз рослин, вирощених із насіння за роками життя, а в межах року за фазами розвитку (фенологічні фази) відповідно з методиками І.М. Бейдемана (1974), Г.М. Зайцева (1968, 1978, 1989), І.П. Ігнатієвої (1978). Упродовж розвитку рослин видів роду *Crambe* в перший рік життя проводили їх морфологічні описи, для цього рослини викопували у фазах: проростання насіння, появи сходів, у період появи першого і наступних листків, галушення та по завершенню вегетації. У другий та наступні роки життя проводили викопування рослин у фазах: відростання, стеблуння, бутонізації, квітування, дозрівання насіння та осінньої (постгенеративної) вегетації.

При викопуванні відбирались типові рослини, які відповідали даній фазі розвитку. Перед викопуванням фіксувалось розміщення сім'ядольного вузла головного пагона відносно поверхні ґрунту, після чого відмивали підземну частину рослини і описували зміни, які відбулися в системі головного і бічних коренів від часу попереднього викопування. Біометричні параметри по органах надземної і підземної частин рослин зводились у відповідні таблиці за фазами розвитку.

Вікові стани рослин видів роду *Crambe* описували за методикою Т.О. Работнова.

При описі форми листків, стебла, коренів, квіток, суцвіть, плодів та насіння використовували термінологію, наведену в “Атласі ...1983, 1986, 1990” та “Ілюстрований довідник... 2004, 2012”. При проведенні порівняльного опису рослин використовували термінологію з праць І.Г. Серебрякова та І.П. Ігнатієвої (1978, 1983).

У перший рік життя рослини вивчались: форма, розміри та забарвлення сім'ядольних листків при винесенні їх на поверхню ґрунту. Листки – будова, особливості листкорозміщення, зміна форми по мірі розвитку рослин, тривалість їх функціонування, біометричні параметри. Пагін – тип головного пагона, динаміка росту, геофілія. Корінь – динаміка росту головного кореня в перший рік життя, біометричні показники, динаміка формування бічних коренів в умовах Правобережного Лісостепу України.

За динамікою розвитку органів рослин першого року визначались фенологічні фази, ритми розвитку та потужність розвитку рослин. Окремо вивчався онтоморфогенез рослин видів роду *Crambe* залежно від видових особливостей, року вегетації, а також способів та строків сівби.

На другому та наступних роках життя рослин вивчався їхній стан після зимівлі, зміни, які відбулися в структурі головного пагона, динаміка весняного відростання рослин та формування каудексу, сезонні ритми розвитку, тривалість формування та росту кореневищ, вегетативне розмноження, особливості квітування і плодоношення, морфогенез рослин.

При розвитку монокарпічних генеративних пагонів вивчався вплив погодних факторів на розміри зони збагачення генеративного пагону. При вивченні біології квітування використовували методику А.Н. Пономарьова (1960). Тривалість квітування окремих квіток і суцвіть визначали шляхом щоденних візуальних спостережень на відмічених рослинах.

Біохімічні дослідження. Сировину збирали в період квітування рослин. Абсолютно суху речовину визначали шляхом висушування зразків за температури 105 °С до постійної маси, загальний вміст цукрів – методом Бертрана, вміст аскорбінової кислоти – методом титрування 2,6-дихлорфеноліндофенолом (Крищенко, 1983), вміст каротину – спектрофотометричним методом з бензином Калоша (Плешков, 1985), золи – методом спалювання в муфельній печі “СНОЛ 7,2-1100” (Termolab) за температури 300–700 °С (Грицаєнко, 2003), вміст кальцію – трилонометричним методом, фосфору – об'ємним методом з

молібденовою рідиною (Починок, 1976), вміст ліпідів – екстрагуванням в петролейному ефірі з використанням апарату Сокслета (Методи... Єрмаков, 1972). Теплоємність надземної частини рослин визначали на калориметрі “ІКА®С-200”. Процедура визначення описана виробником. Визначення фотосинтетичних пігментів проводили спектрофотометрично (Мусієнко та ін., 2001).

Статистичні методи. Статистичну обробку експериментальних даних виконано згідно з методикою Г.М. Зайцева (1981, 1984), Б.А. Доспехова (1985) з використанням комп’ютерної програми Microsoft Excel 2010 (пакет “Аналіз даних”). Для вираження отриманих даних використовували мінімальні, максимальні, середні значення, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації. Під час досліджень органів рослин використано цифровий мікроскоп SIGETA Expert 10–300 x 5.0 Мрх. Фотоілюстрації виконано цифровою фотокамерою Canon EOS 400D.

### 3.3. Біолого-морфологічні та анатомічні особливості рослин видів роду *Crambe* L. за інтродукції в Правобережному Лісостепу України

Сезонні ритми росту та розвитку рослин видів роду *Crambe* в умовах інтродукції. Основні біометричні параметри рослин видів роду *Crambe* суттєво залежали від року життя, періоду онтогенезу та фази індивідуального розвитку, умов вегетації тощо. З’ясовано, що найбільшими розмірами проростків з-поміж досліджуваних інтродуцентів характеризувалися рослини *C. cordifolia* (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Морфометричні показники представників роду *Crambe* залежно від вікових станів рослин у перший рік життя (середнє 2017–2021 роки)

Вид рослин <i>Crambe</i>	Період онтоморфогенезу рослин											
	Проросток			Ювенільні			Іматурні			Віргінільні		
	висота, см	довжина листової пластинки, см	ширина листової пластинки, см	висота, см	довжина листової пластинки	ширина листової пластинки, см	висота, см	довжина листової пластинки, см	ширина листової пластинки, см	висота, см	довжина листової пластинки, см	ширина листової пластинки, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	M±m											
<i>C. koktebelica</i>	2.87± 0,05 V, % 2,87	2.22± 0,04 V, % 5,54	1.18± 0,02 V, % 6,68	8.39± 0,07 V, % 2,6	7.35± 0,03 V, % 1,16	4.08± 0,02 V, % 1,93	19.86 ±0,29 V, % 4,65	18.5± 0,13 V, % 2,21	10.57± 0,14 V, % 3,34	35.21 ±0,16 V, % 1,45	33.95 ±0,33 V, % 3,08	18.86± 0,25 V, % 4,16

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>C. maritima</i>	3.9±	3.44±	2.43±	18.34	17.21±	7.13±	21.64	20.37	11.46	30.39	28.08	14.33
	0.04	0.06	0.05	±0.07	0.06	0.04	±0.20	±0.09	±0.02	±0.11	±0.13	±0.07
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	2,9	5,68	7,01	1,26	1,14	1,88	2,96	1,45	1,8	1,67	3,08	4,16
<i>C. cordifolia</i>	5.3±	4.48±	2.58±	15.21	13.25±	6.22±	18.79	17.29±	9.24±	44.47	42.34	28.42
	0.05	0.06	0.06	±0.05	0.06	0.05	±0.13	0.06	0.07	±0.14	±0.08	±0.11
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	2,87	4,31	7,03	1,14	1,43	2,37	2,22	0,74	2,35	1	0,58	1,26
<i>C. steveniana</i>	3.13±	2.45±	0.53±	16.32	14.55±	8.29±	25.1±	23.25±	16.45±	37.38	35.52	21.8
	0.03	0.03	0.02	±0.08	0.33	0.06	0.14	0.10	0.08	±0.15	±0.14	±0.17
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	3,38	3,47	9,11	1,5	7,22	2,16	1,76	1,36	1,5	1,25	1,27	2,53
<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>	2.24±	1.62±	1.23±	6.12±	4.22±	2.12±	11.19	9.14±	3.53±	20.21	15.23	4.75
	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	±0.05	0.05	0.28	±0.05	±0.04	±0.05
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	4,31	6,38	5,49	1,86	2,18	4,33	1,3	1,65	6,81	0,86	0,76	3,02

У ювенільний період найбільшою висотою відзначилися рослини *C. maritima*, у імагурній – *C. steveniana*, у віргінільній – *C. cordifolia*. За розмірами листків переважали рослини *C. cordifolia*. У ювенільний період довжина листкової пластинки найбільшою була у *C. maritima* та *C. steveniana*. У подальшому (імагурний та віргінільний періоди) ці показники переважали у рослин *C. steveniana* та *C. cordifolia*.

На видовому рівні встановлено, що загальна тривалість вегетаційного періоду досліджуваних багаторічних інтродуцентів варіює у межах 210–230 діб. З моменту весняного відростання до завершення фази плодоношення також спостерігається суттєва різниця даного періоду від 64 до 125 діб, окрім рослин *C. hispanica* subsp. *abissinica*, оскільки це однорічник із тривалістю вегетаційного періоду 65–70 діб. Варто зазначити, що рослини *C. hispanica* subsp. *abissinica* характеризуються відносно швидким проростанням насіння (в межах 4–10 діб). При відчуженні надземної частини рослин, у багаторічних інтродуцентів після фази плодоношення спостерігається відновлення вегетативної фази, яка триває до настання мінусових температур та появи снігового покриву (рис. 3.8).

Встановлено, що за тривалістю вегетаційного періоду є суттєва різниця між окремими видами рослин роду *Crambe* (рис. 3.9). Найдовшим вегетаційним періодом характеризувалися рослини *C. pontica*, найкоротшим – *C. maritima*.

Встановлено, що від фази відростання до плодоношення відбувається суттєвий приріст рослин у висоту (рис. 3.10).

Найбільш високорослими виявилися рослини *C. tataria* та *C. cordifolia*, а низькорослими – *C. maritima* та *C. steveniana*.



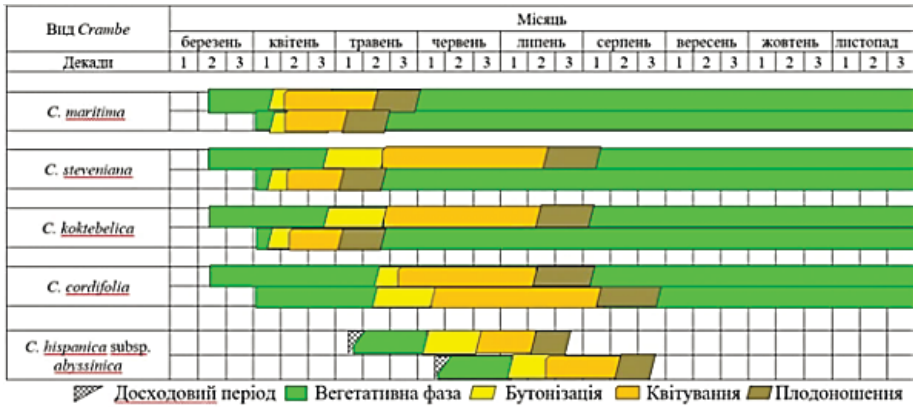


Рис. 3.8. Феноспектри рослин видів роду *Crambe* в умовах інтродукції

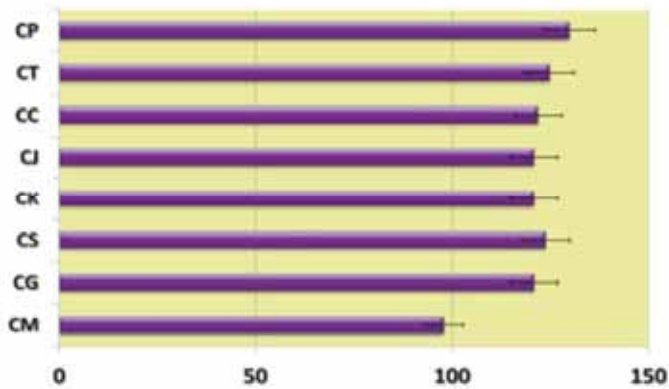


Рис. 3.9. Тривалість вегетативного періоду рослин видів роду *Crambe*, діб (CM – *C. maritima*, CG – *C. grandiflora*, CS – *C. steveniana*, CK – *C. kottebelica*, CJ – *C. juncea*, CC – *C. cordifolia*, CT – *C. tataria*, CP – *C. pontica*)

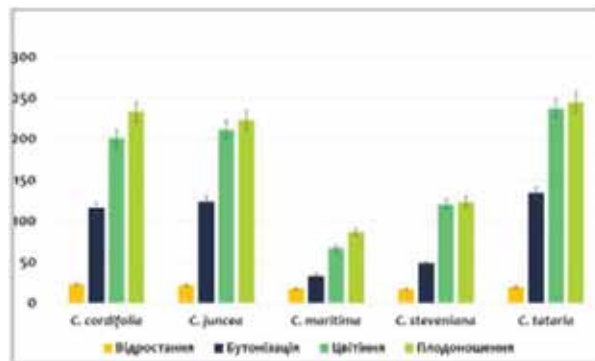


Рис. 3.10. Висота рослин видів роду *Crambe* залежно від фази розвитку, см

На другий та наступні роки життя (крім однорічної рослини *Crambe hispanica* subsp. *abyssinica*) основні морфометричні показники змінювалися залежно від видових особливостей та фази розвитку рослин (табл. 3.6–3.9). За висотою рослин у всі фази розвитку відзначилися рослини *Crambe koktebelica*.

Таблиця 3.6

**Морфометричні показники рослин видів роду *Crambe* у фазу відростання (середнє за 2017–2021 роки)**

Показник	Висота рослин, см	Листок		
		довжина листкової пластинки, см	ширина листкової пластинки, см	довжина черешка, см
<i>C. cordifolia</i>				
M±m	26,55±0,74	16,71±1,69	13,83±1,06	14,53±0,85
V,%	3,89	6,52	9,41	8,22
Min–Max	24,5-28	15,5-18,5	12-15,5	13-16
<i>C. koktebelica</i>				
M±m	27,4±1,68	12,02±0,76	8,23±0,81	5,32±0,29
V,%	9,91	8,49	7,07	8,05
Min–Max	22-29	10,5-13,5	7,5-8,5	5-6
<i>C. maritima</i>				
M±m	22,35±1,34	8,25±0,57	6,75±0,92	4,57±0,71
V,%	10,91	11,21	16,86	19,72
Min–Max	19-27	7,5-10	5,5-8,5	3-5,7
<i>C. steveniana</i>				
M±m	22,6±0,99	17,8±0,91	10,75±1,17	7,65±0,56
V,%	6,06	7,05	13,88	10,25
Min–Max	20-24,5	15,5-19	5,1-8,81	6,5-9,5
<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i> (однорічник)				
M±m	15,24±0,67	11,29±0,49	5,03±0,18	2,96±0,08
V,%	13,98	13,65	11,44	8,75
Min–Max	12-19	7,50-13	4,30-6,10	2,50-3,50

Таблиця 3.7

**Морфометричні показники рослин видів роду *Crambe* у фазу бутонізації (середнє за 2017–2021 роки)**

Показник	Висота рослин, см	Листок			Довжина суцвіття, см	Діаметр стебла, см
		довжина листкової пластинки, см	ширина листкової пластинки, см	довжина черешка, см		
1	2	3	4	5	6	7
<i>C. cordifolia</i>						
M±m	110,45±5,11	49,35±4,27	34,6±2,48	26,6±1,51	69,5±2,33	5,05±0,98
V,%	5,75	9,16	10,7	8,9	5,2	8,11
Min–Max	101,5-118,5	42-56,6	29-40,5	23,5-31	60,5-69,4	3,8-6,9

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7
<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>						
M±m	63,80±1,72	18,13±0,29	7,13±0,13	8,31±0,20	18,00±0,75	1,10±0,38
V,%	8,42	5,04	5,53	7,70	13,09	23,47
Min–Max	58-75	17-20	6,70-8	7,50-9,50	13-21	1-3
<i>C. koktebelica</i>						
M±m	143,10±1,24	64,60±1,18	26,60±0,74	13,80±0,36	147,80±2,00	4,13±0,80
V,%	2,46	5,71	8,72	8,23	4,24	16,63
Min–Max	150-163	59-70	49-51	12-15,50	137-155	3,7-5,1
<i>C. maritima</i>						
M±m	67,25±2,64	36,65±0,74	26,28±2,99	16,45±1,91	46,1±2,45	2,9±1,41
V,%	5,98	8,41	17,29	17,31	9,7	17,68
Min–Max	60,5-73	31,5-41,3	20,5-34	13-20,2	39,5-50	1,7-3,9
<i>C. steveniana</i>						
M±m	86,4±1,46	36,1±0,71	25,77±2,33	24,85±4,39	68,7±1,21	4,9±2,31
V,%	8,13	6,52	12,36	16,91	7,14	17,2
Min–Max	74-101	28-34	20-30,5	16-29,5	65-71	3,8-6,3

Таблиця 3.8

**Морфометричні показники рослин видів роду *Crambe* у фазу квітування (середнє за 2017–2021 роки)**

Показник	Висота рослин, см	Листок			Довжина суцвіття, см	Діаметр стебла, см
		довжина листкової пластинки, см	ширина листкової пластинки, см	довжина черешка, см		
<i>C. cordifolia</i>						
M±m	183,6±2,76	52,3±0,81	42,9±1,36	30,4±1,50	86,7±0,91	5,33±0,15
V,%	1,93	5,22	4,67	8,29	1,91	6,18
Min–Max	179-190	49,5-58,5	39,5-46,3	26,1-34	83-92	4,7-7,1
<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>						
M±m	73,50±0,86	21,60±0,71	8,22±0,06	10,55±0,20	25,60±0,76	2,02±0,18
V,%	3,64	10,28	2,28	6,00	9,24	6,19
Min–Max	69-78	20-27	8-8,50	10-12	23-29	1,18-3,01
<i>C. koktebelica</i>						
M±m	251,50±2,84	67,60±0,61	29,80±0,36	21,20±0,67	160,90±1,97	5,30±1,02
V,%	3,53	2,81	3,81	9,89	3,83	9,90
Min–Max	240-270	65-70	28-32	18-25	150-170	4,1-6,2
<i>C. maritima</i>						
M±m	82,9±1,83	37,5±1,16	31,37±1,41	26,8±0,72	72,9±2,04	3,65±0,64
V,%	3,37	7,48	10,6	8,46	4,49	10,96
Min–Max	78-86	33-40,5	21,5-28,5	16-20	66,5-78	2,74-3,94
<i>C. steveniana</i>						
M±m	148,2±1,17	83,7±1,61	67,1±0,10	43,2±0,91	90,5±1,08	5,43±1,19
V,%	2,81	4,11	4,49	5,1	3,14	7,51
Min–Max	141-153	79-93	58-72	37-54	79-99	5,1-7,3

Таблиця 3.9

**Морфометричні показники рослин видів роду *Crambe* у фазу плодоношення (середнє за 2017–2021 роки)**

Показник	Висота рослин, см	Листок			Довжина суцвіття, см	Діаметр стебла, см
		довжина листкової пластинки, см	ширина листкової пластинки, см	довжина черешка, см		
<i>C. cordifolia</i>						
M±m	243,50±7,49	67,30±2,31	54,10±2,64	33,80±3,88	235,10±5,72	5,63±0,41
V,%	2,71	3,44	4,89	11,48	2,43	8,76
Min–Max	247-263	64-71	50-59	27-39	227-243	4,9-7,12
<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>						
M±m	78,50±1,01	25,60±0,50	10,50±0,23	12,50±0,23	33,80±0,73	2,81±0,22
V,%	4,04	6,16	6,73	5,66	6,80	7,28
Min–Max	70-81	23-29	9-11	12-14	30-37	1,5-3
<i>C. koktebelica</i>						
M±m	277,90±0,51	76,70±0,71	37,30±0,48	25,00±0,40	186,50±0,84	5,8±0,58
V,%	0,57	2,89	4,01	4,30	1,41	4,34
Min–Max	275-280	73-80	35-39	27-31	181-190	4,9-7,1
<i>C. maritima</i>						
M±m	104,40±0,80	53,70±0,58	43,80±0,47	36,30±0,74	87,80±0,56	4,2±0,91
V,%	2,40	3,41	3,37	6,37	1,99	8,00
Min–Max	99-107	50-56	41-45	32-40	85-90	3,8-5,6
<i>C. steveniana</i>						
M±m	162,70±0,67	96,10±0,38	77,80±0,54	53,20±0,62	103,10±0,53	6,1±0,47
V,%	1,30	1,25	2,17	3,63	1,61	3,71
Min–Max	160-165	94-97	75-80	50-55	100-105	5,8-8,3

Виявлено, що найбільших розмірів листки досягнули у фазу плодоношення. Найбільшою довжиною листкової пластинки відзначилися рослини *Crambe steveniana* у фази відростання, квітуча та плодоношення, а *Crambe koktebelica* – у період бутонізації.

Найдовшими черешками у фази відростання та бутонізації вирізнялися рослини *Crambe cordifolia*, у період квітуча і плодоношення – *Crambe steveniana*.

За довжиною суцвіття у фазу бутонізації та квітуча переважали рослини *C. koktebelica*, у плодоношення – *C. cordifolia*.

Найбільшим діаметром стебла у всі фази генеративного розвитку відзначилися теж рослини *C. cordifolia*.

Варто зазначити, що суттєва відмінність морфометричних показників рослин видів роду *Crambe* також спостерігається за відростання інтродуцентів у літньо-осінній період після збирання насіння. Вимірювання проводилися на листках трьох формацій: велика, середня та мала (табл. 3.10). Найдовшими листками серед усіх видів рослин

вирізнявся *C. cordifolia*. Найширшими виявилися великі листки у рослин *C. cordifolia*, середні – *C. maritima*, малі – у *C. cordifolia*.

Таблиця 3.10

**Розмір листків рослин видів роду *Crambe*  
за відростання в літньо-осінній період після збирання насіння**

Вид	Листки					
	великі		середні		малі	
	довжина, см	ширина, см	довжина, см	ширина, см	довжина, см	ширина, см
<i>C. koktebelica</i>	<u>49,48±</u>	<u>20,88±</u>	<u>34,36±</u>	<u>12,34±</u>	<u>17,37±</u>	<u>8,4±</u>
	<u>0,15</u>	<u>0,16</u>	<u>0,11</u>	<u>0,12</u>	<u>0,12</u>	<u>3,93</u>
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	0,96	2,37	1	3,13	2,12	3,93
<i>C. maritima</i>	<u>72,28±</u>	<u>60,5±</u>	<u>57,46±</u>	<u>45,9±</u>	<u>35,08±</u>	<u>16,38±</u>
	<u>0,41</u>	<u>0,27</u>	<u>0,14</u>	<u>0,18</u>	<u>0,15</u>	<u>0,11</u>
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	0,46	1,4	0,79	1,24	1,35	2,11
<i>C. cordifolia</i>	<u>88,89±</u>	<u>67,42±</u>	<u>78,2±</u>	<u>26,6±</u>	<u>42,9±</u>	<u>21,3±</u>
	<u>0,15</u>	<u>0,17</u>	<u>0,2</u>	<u>0,27</u>	<u>0,23</u>	<u>0,21</u>
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	0,56	0,75	0,81	3,17	1,72	3,17
<i>C. steveniana</i>	<u>71,6±</u>	<u>39,1±</u>	<u>43,1±</u>	<u>23,5±</u>	<u>28,1±</u>	<u>14,7±</u>
	<u>0,13</u>	<u>0,21</u>	<u>0,18</u>	<u>0,22</u>	<u>0,18</u>	<u>0,21</u>
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	0,72	1,71	1,31	3,01	2,02	4,59
<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>	<u>8,8±</u>	<u>3,4±</u>	<u>6,3±</u>	<u>3,3±</u>	<u>2,79±</u>	<u>1,78±</u>
	<u>0,13</u>	<u>0,17</u>	<u>0,12</u>	<u>0,15</u>	<u>0,04</u>	<u>0,04</u>
	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %	V, %
	4,79	15,1	8,07	14,6	4,91	7,4

Було досліджено можливості вегетативного розмноження відібраних форм рослин роду *Crambe*. За весняного строку пересадки (ІІІ декада травня) приживаність багатовікових рослин становила майже 100 %.

Визначена кореляція між морфометричними параметрами рослин *Crambe* spp. у різні періоди вегетації.

У результаті морфометричних досліджень встановлено, що найменшими показниками вирізнялися рослини *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, а найбільші показники того чи іншого параметру відмічено у різних видів залежно від фази розвитку.

Сильна кореляція спостерігалась протягом вегетації у досліджуваних рослин між такими параметрами як ширина листка та довжина черешка ( $r = 0,797; 0,899; 0,937$ ) і висота рослин та довжина суцвіття ( $r = 0,829; 0,953; 0,971$ ). У двох фазах ідентифіковано сильний зв'язок між висотою рослин і довжиною листка ( $r = 0,887; 0,639$ ) та довжиною листка і суцвіття ( $r = 0,985; 0,679$ ).

Насіння рослин видів роду *Crambe* переважно кулястої форми (у *C. tataria* більш видовжене до яйцеподібної), насінна шкірка гладка, тьмяна від коричневого до чорного забарвлення. Корінчик насінини довший (зокрема у *C. hispanica*, *C. koktebelica*) – близько 7 мм завдовжки або рівний довжині однієї із сторін насінини (*C. grandiflora*, *C. maritima*, *C. tataria*) – до 5 мм завдовжки. Насінний корінчик з'єднує гілум насінини з мікропіле і головним чином відповідає за провідність води та поживних речовин до зародка (рис. 3.11).

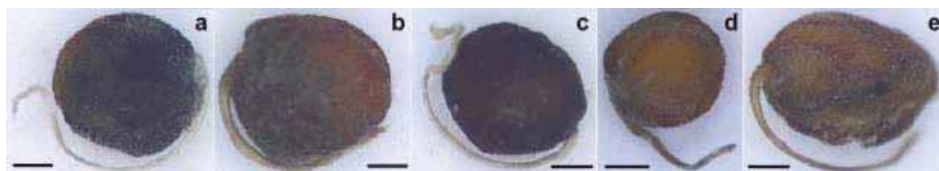


Рис. 3.11. Насіннина рослин видів роду *Crambe* L., інтродукованих у НБС імені М.М. Гришка НАН України:  
а – *C. hispanica*; б – *C. grandiflora*; в – *C. koktebelica*;  
д – *C. maritima*; е – *C. tataria*

Плоди рослин видів роду *Crambe* однонасінні нерозкривні стручки, що за формою поділяються на: кулясті – 3–5×3–5 мм (*C. hispanica*), 4–4,8×3,6–4 (*C. maritima*); еліптичні – 4–4,6×2,5–3,1 мм (*C. koktebelica*). Поверхня плоду гладка, матова, всередині блискуча. Стручки при повному дозріванні стають сухі, тверді та здерев'янілі (*C. hispanica*, *C. koktebelica*). У рослин *C. maritima* ззовні та зсередини вистелена аеренхімою, яка, очевидно не тільки відповідає за газообмін, але й за забезпечення насінини необхідною кількістю вологи в період проростання (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Стручок рослин видів роду *Crambe* L., інтродукованих в НБС імені М.М. Гришка НАН України:  
а – *C. hispanica*; б – *C. koktebelica*; в – *C. maritima*.

Встановлено суттєві відмінності за морфометричними показниками та масою плодів рослин видів роду *Crambe* (табл. 3.11).

Визначено, що за довжиною, шириною, діаметром та масою плодів *C. maritima* переважає інших видів рослин. Найменшу довжину та діаметр плода мають рослини *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, а ширину та масу плодів – *C. cordifolia*.

Морфометричні показники та маса плодів рослин видів роду *Crambe*

Показник	Плід			Маса 1000 плодів, г
	довжина, мм	ширина, мм	діаметр, мм	
1	2	3	4	5
<i>C. maritima</i>				
M±m	10,10±0,35	9,90±0,59	8,78±0,15	12,50±0,23
V,%	10,90	18,72	5,17	5,66
Min–Max	8,00–12,00	7,00–13,00	8,00–9,30	11,00–13,00
<i>C. steveniana</i>				
M±m	5,30±0,22	4,70±0,34	5,58±0,16	11,10±0,18
V,%	12,73	22,54	9,17	5,11
Min–Max	4,00–6,00	3,00–7,00	4,80–6,00	10,00–12,00
<i>C. cordifolia</i>				
M±m	3,20±0,13	2,30±0,15	4,08±0,06	7,30±0,15
V,%	13,18	21	4,29	6,62
Min–Max	3,00–4,00	2,00–3,00	4,00–4,50	7,00–8,00
<i>C. koktebelica</i>				
M±m	4,10±0,10	4,00±0,15	4,30±0,10	8,70±0,15
V,%	7,71	11,79	6,93	5,55
Min–Max	4,00–5,00	3,00–5,00	4,00–4,80	8,00–9,00
<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>				
M±m	3,02±0,51	3,16±0,08	3,41±0,09	8,50±0,17
V,%	15,75	8,20	8,11	6,20
Min–Max	2,00–4,00	3,00–3,80	3,00–3,59	8,00–9,00

Основні морфометричні параметри плодів залежали також від формових особливостей рослин. На прикладі плодів *C. cordifolia* (f. ЕОКТСФ-1) показано, що вони крупні, мають кулясту форму з середнім діаметром 4,5–6,5 мм (рис. 3.13, 3.14).



Рис. 3.13. Плоди рослин *C. cordifolia*, f. ЕОКТСФ-1

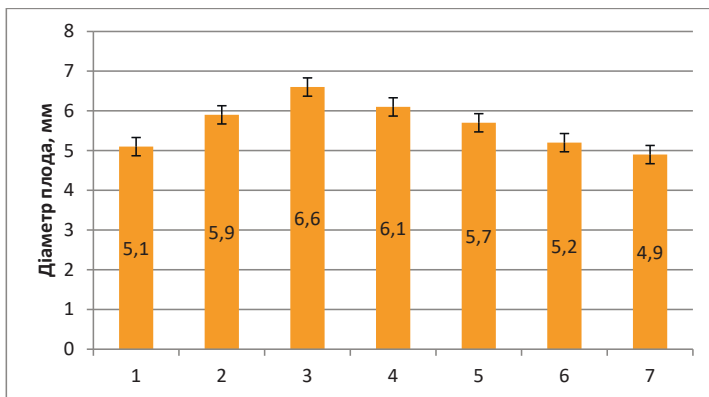


Рис. 3.14. Діаметр плода рослин *C cordifolia*, f. EOKTSF-1

Для комплексного вивчення будь-яких інтродукованих рослин анатомічна будова вегетативних органів має надзвичайно важливе значення. Черешок у рослин відповідає не тільки за обмін життєво необхідних біологічно активних сполук між асимілюючою поверхнею листка та запасуючими підземними органами, але й може бути оцінений як один із маркерів стійкості рослин до низки екологічних факторів довкілля за кількістю або щільністю розміщення провідних пучків. Також цей показник може визначити цінність інтродуцента для подальшого використання як харчової рослини, оскільки менша щільність провідних пучків робить рослину більш придатною для споживання людиною.

Таким чином, розглядаючи анатомічну будову черешка рослин видів роду *Crambe*, варто відмітити, що дані інтродуценти можна розподілити на такі групи: з опушеним черешком *C. koktebelica*, *C. cordifolia*, які в свою чергу розподіляються на два типи: волохате із довгими різнонаправленими одноклітинними волосками у рослин *C. koktebelica* та щетинисте із короткими, жорсткими й переважно прямими волосками у *C. cordifolia*; неопушеним черешком *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. maritima*, *C. steveniana*.

Щодо кількості провідних пучків, яка в свою чергу визначає і їх густоту на одиницю площі, варто виділити наступні групи: численні (близько 80 шт.) – *C. maritima*, що має слабо виражені підковоподібно або майже півмісяцево розміщені темно-зелені пучки, у *C. steveniana* вони більш виразні від білого до світло-зеленого кольору, практично рівномірно розміщені по периметру черешка; середньочисленні (близько 50 шт.) – *C. koktebelica* має серцеподібної форми у поперечному розрізі черешок, в якому підковоподібно розміщені добре виражені провідні пучки; у рослин *C. cordifolia* поперечний зріз черешка має ромбічну форму, в якому по контуру розміщені провідні пучки; нечисленні провідні пучки мають рослини *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, черешок у поперечному зрізі має кутасту форму, де біля вершин кутів проходять добре виражені провідні пучки. Очевидно, що кількість провідних пучків відповідає за



забезпечення організму необхідною кількістю поживних речовин і чим більша їх щільність, тим вищий ступінь стійкості організму до екологічних чинників довкілля. Рослини із середньою кількістю провідних пучків попереджують вплив біотичних та абіотичних чинників наявністю опушення, яке відбиває надлишок сонячної радіації та перешкоджає швидкому випаровуванню води. Рослини із нечисленними провідними пучками є невисокорослими однорічниками з прискореним онтогенезом, тому дані анатомічні особливості в повній мірі здатні забезпечити нормальну життєдіяльність рослин в екстремальних умовах (рис. 3.15).



Рис. 3.15. Поперечний зріз медіальної частини черешка листка рослин видів роду *Crambe*:

- 1 – *C. hispanica* subsp. *abyssinica*; 2 – *C. maritima*; 3 – *C. steveniana*;  
4 – *C. koktebelica*; 5 – *C. cordifolia*.

Апікальна частина листової пластинки має відмінності, а саме у наявності опушення (рис. 3.16): у рослин *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. maritima* відсутнє опушення, а в представників *C. koktebelica*, *C. cordifolia*, *C. steveniana* – спостерігається вйчасте опушення краю листової пластинки, яке також відповідає за врегулювання негативного впливу зовнішніх факторів довкілля.



Рис. 3.16. Апікальна частина листової пластинки рослин видів роду *Crambe*:

- 1 – *C. hispanica* subsp. *abyssinica*; 2 – *C. koktebelica*; 3 – *C. maritima*;  
4 – *C. cordifolia*; 5 – *C. steveniana*

Адаксіальна поверхня для усіх інтродукованих представників має характерний для більшості рослин родини *Brassicaceae* білий наліт, який додає листкам сизуватого відтінку й головним чином відіграє роль екранізатора надлишкової сонячної радіації. Варто зазначити, що даний наліт присутній у рослин упродовж усіх фаз розвитку і навіть утворюється на листках отави видів даного роду. Також досить суттєво вираженим додатковим захисним бар'єром у таких представників, як *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. koktebelica*, *C. cordifolia* є опушення адаксіальної поверхні листової пластинки твердими, прямими й досить щільно розміщеними щетинистими одноклітинними волосками, які запобігають швидкому випаровуванню води й проникненню сонячної радіації всередину листка. У решти інтродуцентів поверхня листка гладенька (рис. 3.17).

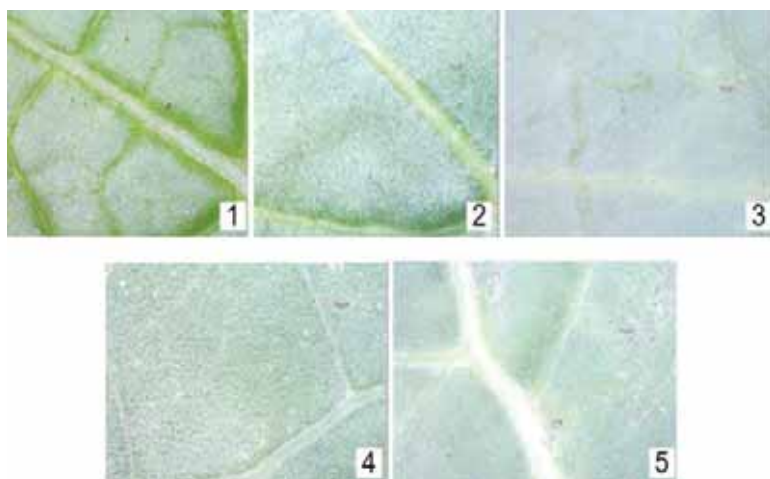


Рис. 3.17. Адаксіальна поверхня листка рослин видів роду *Crambe*:  
 1 – *C. hispanica* subsp. *abyssinica*; 2 – *C. koktebelica*; 3 – *C. maritima*;  
 4 – *C. cordifolia*; 5 – *C. steveniana*

Детальне вивчення абаксіальної поверхні у рослин видів роду *Crambe* дозволило виявити ряд відмінностей, а саме за опушенням, унаслідок чого інтродуценти було розподілено на наступні групи: рослини без опушення – *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. maritima*; рослини з волохатим опушенням – *C. koktebelica*, *C. steveniana* (представлене довгими одноклітинними та однокінцевими волосками); рослини зі щетинистим опушенням – *C. cordifolia* (характеризується наявністю коротких, прямих одно- і двохкінцевих волосків) (рис. 3.18).

Встановлено, що в інтродуцентів роду *Crambe* квітки білі та жовтуваті, зібрані у розлогі китиці. Діаметр суцвіття різних видів рослин становить від 20 до 110 см. Квітки мають приємний медовий аромат. Діаметр квіток сягає від 0,5 до 15 мм (рис. 3.19).

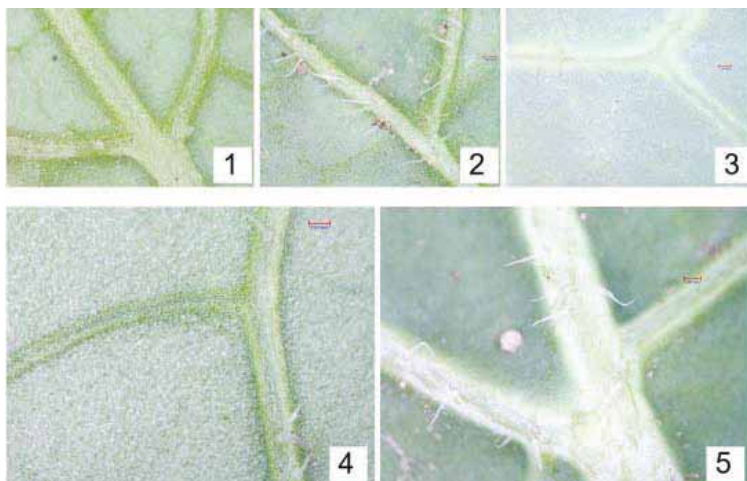


Рис. 3.18. Абаксіальна поверхня листка рослин видів роду *Crambe*:  
 1 – *C. hispanica* subsp. *abyssinica*; 2 – *C. koktebelica*; 3 – *C. maritima*;  
 4 – *C. cordifolia*; 5 – *C. steveniana*.



Рис. 3.19. Суцвіття різних видів та форм *Crambe*  
 (1 – *C. cordifolia*, ф. ЕОКТСФ-1; 2 – *C. maritima*, ф. ЕОКМД;  
 3 – *C. steveniana*, ф. ЕОКТСФ-6; 4 – *C. koktebelica*, ф. ЕОКТКФ-4;  
 5–15 формове різноманіття *Crambe*)

Квітки кріпляться на квітконіжках різної довжини, складаються із квітколожа, чотирьох еліптичної форми листочків чашечки, чотирьох вільних пелюсток віночка, шести циліндричних та розширених при основі конусоподібних тичинок.

Пиляки не рухливі, дугоподібної форми. Гінецей одноматочковий, стовпчик циліндричної форми із сидячою приймочкою. Упродовж

квітування у рослин видів *C. steveniana* і *C. maritima* спостерігається зміна забарвлення андроцею та гінецею (рис. 3.20).



Рис. 3.20. Квітка рослин видів роду *Crambe*:  
1 – *C. hispanica* subsp. *abyssinica*; 2 – *C. koktebelica*; 3 – *C. maritima*;  
4 – *C. cordifolia*; 5 – *C. steveniana*

Встановлено основні морфометричні показники квітки рослин видів роду *Crambe*. Визначено, що за розмірами складових частин вони близькі, але є певні відмінності. Найкрупніші квітки мають рослини *C. steveniana*, найдрібніші – *C. koktebelica* (табл. 3.12). Аналогічно за висотою віночка, довжиною та шириною пелюсток переважає *C. steveniana*.

Таблиця 3.12

Морфометричні показники квітки рослин видів роду *Crambe*  
у фазу масового квітування, мм

Показник	Довжина квітки	Товщина квітки	Висота віночка	Пелюстка	
				довжина	ширина
<i>C. maritima</i>					
M±m	16,14±0,72	0,42±0,04	6,23±0,21	5,49±0,24	4,71±0,10
V,%	14,18	29,74	10,76	14,02	6,46
Min–Max	11,09-19,03	0,21-0,59	5,24-7,31	4,31-6,75	4,25-5,09
<i>C. steveniana</i>					
M±m	16,46±0,10	0,55±0,02	7,14±0,28	6,56±0,09	5,51±0,07
V,%	1,85	9,20	12,21	4,11	3,75
Min–Max	16-16,91	0,44-0,60	5,06-7,80	6,95-7	5,35-5,90
<i>C. cordifolia</i>					
M±m	14,94±0,21	0,45±0,01	6,35±0,05	5,61±0,08	4,54±0,08
V,%	4,48	7,71	2,38	4,35	5,88
Min–Max	14,05-16,05	0,40-0,50	6,01-6,55	5,18-5,81	4-4,90
<i>C. koktebelica</i>					
M±m	5,03±0,09	0,23±0,01	2,94±0,07	3,63±0,04	3,61±0,07
V,%	5,69	9,30	7,52	3,37	6,48
Min–Max	4,77-5,75	0,20-0,27	2,70-3,50	3,49-3,81	3,27-4,04

Спільно з ДВНЗ “Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України” проведені дослідження анатомічної будови підземних органів катрану коктебельського (*C. koktebelica*).

Визначено мікроскопічні діагностичні ознаки підземних органів рослин роду *Crambe* на прикладі *C. koktebelica* (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Багаторічна рослина *C. koktebelica* у фазу бутонізації – початок квітання

Корінь на поперечному зрізі округлої форми. Перидерма представлена 2–4 шарами паренхімних клітин. Добре розвинута коро́ва паренхіма, яка утворена паренхімними тонкостінними клітинами. У коренях другого і наступних років серед клітин коро́вої паренхіми зустрічаються невеликі скупчення склерейд, які відсутні в коренях першого року. Тип будови центрального циліндра безпучковий. Камбій добре помітний. Запасною речовиною кореня катрану коктебельського є крохмаль, а в оболонках судин первинної та вторинної ксилеми – білок. Анатомічна будова видозміни кореня (стеблекорінь, каудекс). Осьовий орган на поперечному зрізі округлої форми. Покривна тканина – багатошарова епідерма, клітини якої паренхімні, товстостінні. Опушення рідке, представлене простими одноклітинними волосками. Добре розвинена коро́ва паренхіма, яка складається з паренхімних тонкостінних клітин. У коро́вій частині зустрічаються луб'яні волокна. Центральний осьовий циліндр безпучкової будови, камбій добре виражений. Домінуюча тканина ксилеми – лібриформ. Серцевина виражена, виповнена. Клітини коро́вої паренхіми та серцевини накопичують крохмаль у вигляді простих крохмальних зерен, оболонки клітин судин та деяких клітин серцевини – білок (Марчишин, 2021).

Ми проводили оцінку біолого-господарських та технологічних характеристик рослин роду *Crambe*. Як багаторічні рослини, досліджувані види катранів у перший рік життя утворюють лише розетку листків. На

другий та наступні роки життя рослини формують генеративні органи та забезпечують повноцінне насіння.

Як модельний об'єкт наводимо дані для катрану серцелистого. Визначено біолого-морфологічний та продуктивний потенціал відібраного генотипу рослин *Crambe* (форма ЕОКТСФ-1 – *C. cardifolia*) (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Біолого-морфологічний та продуктивний потенціал нового генотипу рослин роду *Crambe* (форма ЕОКТСФ-1 – *C. cardifolia*)**

Показник/характеристика		Кількісні параметри
1	2	3
Рослина:	висота	180-220 см
	вегетаційний період	107-115 діб
Листки	довгочерешкові, великі серцеподібні	довжина – 25-35 см
		ширина – 22-28 см
Суцвіття	волоть	діаметр – 80-110 см
Квітки	білі з приємним медовим ароматом	діаметр – 0,7-13 мм
Плід	стручок з однією або двома насінинами	діаметр – 4,0-7,0 мм
Насінина:	маса 1000 шт	31-33 г
	вміст олії	28-34 %
Урожайність:	фітомаси	45-65 т/га
	насіння	250-450 кг/га
Продуктивність:	вихід умовного біопалива	8-10 т/га
	енергетична цінність твердої фітосировини	3600-4100 ккал/кг
	енергопродуктивність рослин	30-38 Гкал/га
	вихід біогазу	6100-8700 м <sup>3</sup> /га

Рослини к. серцелистого забезпечують високі ростові показники. Вони характеризуються великою урожайністю фітомаси (до 65 т/га), що порівнюється понад 8 т/га умовного біопалива. Енергетична цінність твердої фітосировини рослин катрану достатньо висока (3600–4100 ккал/кг). За нашими розрахунками, енергопродуктивність рослин становить понад 30 Гкал/га, що дозволяє відносити катран до середньої групи за шкалою енергопродуктивності рослин (Рахметов, 2011).

Результати досліджень дозволяють відзначити, що фітосировину рослин роду *Crambe*, залежно від видових особливостей та напряму використання збирають – у травні–червні та восени, насіння – у липні–серпні.

Встановлено, що ефективно розмножувати катран головним чином насінням, при необхідності – вегетативно.

Оптимальний термін підзимової сівби – друга половина жовтня-листопад, весняної – друга половина березня-початок квітня. Спосіб сівби – широкорядний на 70 см. Норма висіву становить до 10 кг/га.

Глибина загортання насіння сягає 20–35 мм. Догляд за посівами у перший рік життя полягає у двох-трьох міжрядних обробках. З другого та наступних років життя, на ділянках виконується ранньовесняне розпушування міжрядь на глибину 6–8 см. Гарний ефект забезпечує підживлення рослин повними мінеральними добривами у нормі  $N_{45}P_{45}K_{45}$ .

Було досліджено можливості вегетативного розмноження відібраних форм рослин роду *Crambe*. За весняного строку пересадки (III декада травня) приживаність старовікових рослин становила майже 100 %.

Унаслідок проведених інтродукційних досліджень рослин видів роду *Crambe* в умовах Правобережного Лісостепу України, визначено еколого-біологічні особливості рослин, що дозволило згрупувати їх за важливими показниками (табл. 3.14). У цілому рослини характеризуються високою життєздатністю, пластичністю, стійкістю до впливу негативних біотичних і абіотичних чинників.

Таблиця 3.14

**Характеристика рослин видів роду *Crambe* за інтродукції в умовах Правобережного Лісостепу України (за класифікацією інтродуцентів, розробленою Д.Б. Рахметовим)**

Показник	<i>C. cordifolia</i>	<i>C. koktebelica</i>	<i>C. maritima</i>	<i>C. steveniana</i>	<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>
Тривалість життєвого циклу	багаторічник				однорічник
Дозрівання насіння	пізньо стиглі	середньо стиглі	ранньостиглі		
За відношенням до світла	світлолюбиві				
За відношенням до температури	холодо-і морозостійкі				холодостійкий
За характером водного режиму	мезофіти				
За відношенням до рН ґрунту	нейтрофіли				
За відношенням до засоленості ґрунтів	глікофіти, галофіти				глікофіти
За господарським значенням	Лікарські, кормові, енергетичні, декоративні, медоносні, протиерозійні, овочеві, сидеральні				

Визначено, що всі багаторічні види рясно квітують та забезпечують самосів, що особливо рясний у *C. koktebelica* (табл. 3.15). Більш пізнім плононошенням характеризуються рослини *C. cordifolia*, середнім – *C. koktebelica*, раннім – решта досліджуваних видів.

Таблиця 3.15

**Характеристика квітування, досягання плодів та утворення самосіву рослин видів роду *Crambe***

Показник	<i>C. cordifolia</i>	<i>C. koktebelica</i>	<i>C. maritima</i>	<i>C. steveniana</i>	<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>
Квітування	рясне				помірне
Самосів	помірний	рясний	поодинокий	поодинокий	помірний
Плодоношення	пізніє	середнє	раннє		

Проведено оцінку успішності інтродукції рослин видів роду *Crambe* (за 3-х бальною шкалою) за введення в культуру в умовах Правобережного Лісостепу України (за Біловим та Карпісоною, 1978). За результатами оцінки встановлено, що усі досліджувані види відзначаються високим рівнем життєвості (19–22 бали) та відносяться до групи особливо перспективних видів за інтродукції в умовах регіону досліджень (табл. 3.16).

Таблиця 3.16

**Успішність інтродукції рослин видів роду *Crambe* в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка**

Показник	<i>C. cordifolia</i>	<i>C. koktebelica</i>	<i>C. maritima</i>	<i>C. steveniana</i>	<i>C. hispanica</i> subsp. <i>abyssinica</i>
Габітус рослин	2	2	3	2	3
Квітування	3	3	3	3	3
Плодоношення	3	3	3	3	3
Якість насіння	2	3	2	2	3
Пагоноутворююча здатність	3	2	2	3	2
Зимостійкість	3	3	3	3	-
Посухостійкість	3	3	3	3	3
Стійкість до хвороб та шкідників	3	2	3	3	2
Сумарна оцінка життєвості	22	21	22	22	19
Успішність інтродукції	ОП**	ОП**	ОП**	ОП**	ОП**

*Примітка:* ОП\*\* – особливо перспективний вид.

Таким чином, теоретично узагальнено і практично показано вирішення проблем з інтродукції, встановлення біолого-морфологічних особливостей, адаптаційних можливостей, перебігу онтоморфогенезу, сезонних ритмів росту та розвитку, продуктивного потенціалу, біохімічного складу



перспективних рослин видів роду *Crambe* в умовах Лісостепу України та розроблено наукові основи їх введення в культуру.

Залучено до інтродукційного процесу 17 видів та форм рослин із природної флори, ботанічних установ зарубіжжя та України. Встановлено, що усі досліджувані види відзначаються високим рівнем життєвості (19–22 бали) та відносяться до групи особливо перспективних видів за інтродукції в умовах регіону досліджень.

### **3.4. Біохімічні особливості рослин видів роду *Crambe* в умовах інтродукції**

Рослини роду *Crambe* L. представляють особливий науковий інтерес через низку особливостей: біологічних (Каліста, Щербакова, 2012; Каліста та ін., 2014; Drew, Fellows, 1986; Leppik, White, 1975), екологічних (Paulose et al., 2010), систематично-хорологічних (Prina, Bramwell, 2000; Bond et al., 2005), біохімічних (Nieborski et al., 2001), алелопатичних (Razavi, 2009) тощо. Останнім часом особливу увагу при дослідженні даних видів приділено молекулярним дослідженням, що мають на меті вирішення таксономічних питань з видами даного роду (Tarikanya-Nacioglu, 2016). Важливий економічний інтерес представляють рослини виду катрану абіссінського через високий вміст жирних кислот (Samarappuli et al., 2020).

Біохімічний аналіз 14 видів даного роду виявив наявність 21 флавоноїдних сполук. На основі отриманих даних висунуте припущення, що види секцій *Crambe* та *Dendrocrambe* відносяться до давніх (більш примітивних) представників даного роду в зв'язку з різноманіттям флавонолглікозидів, а види секції *Dendrocrambe* також характеризуються наявністю проантоціанідинів. У видів, що відносяться до секції *Leptocrambe* флавоноли не виявлено, що, ймовірно, вказує на більш високу їх організацію (Aguinagalde, 1984). Олія з насіння даних видів є цінним джерелом жирних кислот, серед яких найбільше ерукової кислоти (29,87–39,29%), ліноленової (12,42–21,21%) та лінолевої (9,00–15,01%) (Complekcioglu et al., 2008). Дослідження культури *in vitro* також виявило підвищення вмісту жирних кислот у асептичних зразках та високий вміст  $\alpha$ -ліноленової кислота (Пушкарьова та ін., 2016). Основними компонентами ефірної олії у листках були октилацетат та бутеніл-4-ізотіоціанат, у суцвіттях – 2-метил-5-гексинітрил та бензилціаніди. Ефірна олія листків мала помірний алелопатичний ефект та високу цитотоксичну активність (Razavi and Nejad-Ebrahimi, 2009).

Комплексні дослідження солестійкості різних видів показало, що рослини *C. maritima* на нерухливих дюнах характеризуються як середньостійкий галофіт (Hamed et al., 2014). Коренева система чутлива до засолення ґрунту з концентрацією мМ NaCl (Vos et al., 2010).

Дослідження структури поверхні насіння видів роду *Crambe* є кращою діагностичною ознакою, ніж морфологія пилку (Bülbül et al., 2017).

У результаті біохімічного аналізу надземної частини досліджуваних рослин встановлено, що вміст сухої речовини протягом вегетації становив від 9,76 (*C. koktebelica*) до 22,54 (*C. steveniana*) % залежно від виду та фази розвитку (рис. 3.22). У період відростання вміст сухої речовини становив 10,17–12,38 %, у фазу бутонізації – 9,76–13,25 %, у фазу квітування – 9,91–14,73 %, плодоношення – 14,5–22,54 %. Аналіз літератури показав, що різні види з *Brassicaceae* мали вміст сухої речовини 4,9–10,3 % (Xiao et al. (2016)). Дослідженнями іншого виду з даної родини *Camellina sativa* L. та його сортів визначено вміст сухої речовини в межах 18,13–23,38 % у період квітування (Vergun et al., 2017b).

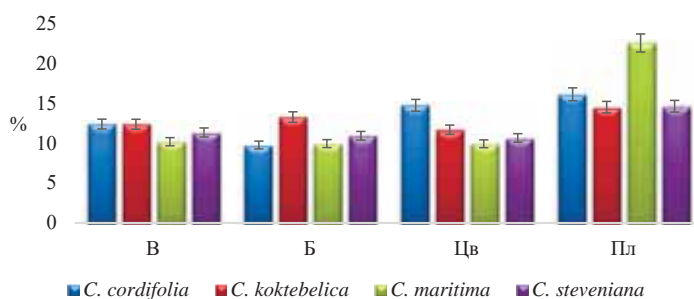


Рис. 3.22. Вміст сухої речовини в надземній частині рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації (В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітування, Пл – плодоношення)

Загальний вміст цукрів у надземній частині рослин видів роду *Crambe* становив від 6,54 до 33,18 % (рис. 3.23). Слід зазначити, що у сировині *C. cordifolia* зафіксовано найбільший вміст цукрів у період бутонізації. Також високий вміст цукрів визначено у сировині *C. steveniana* у період квітування. Мінімальні значення зафіксовані у період квітування для рослин *C. maritima*. Порівнюючи з іншими рослинами родини *Brassicaceae*, слід відмітити, що загальний вміст цукрів у рослин *Camellina sativa* становив у межах 4,76–8,12 % (Vergun et al., 2017b).

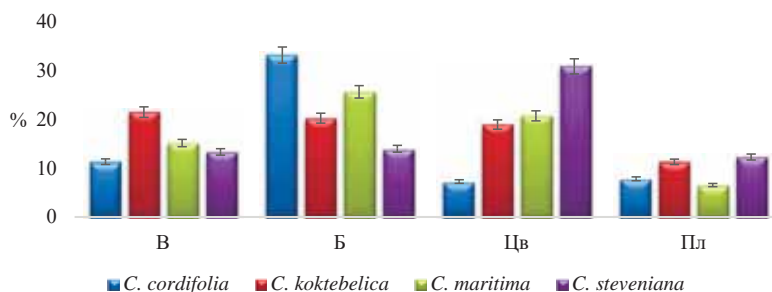


Рис. 3.23. Загальний вміст цукрів в надземній частині рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації (В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітування, Пл – плодоношення)

Аскорбінова кислота відіграє важливу роль як кофактор для деяких ензимів та бере участь у багатьох процесах у житті рослин. Вона проявляє сильну антиоксидантну активність, що зумовлює широке використання її у косметичній та харчовій промисловості (Golonka et al., 2017). Вітамін С бере участь у фізіологічних процесах як імуностимулюючий агент, у синтезі колагену, гормонів, абсорбції заліза тощо (Lokato et al., 2013). Вміст аскорбінової кислоти у досліджуваних рослин варіював від 139,85 до 987,02 мг% залежно від виду (рис. 3.24). У період відростання рослини накопичували аскорбінову кислоту у межах 631,0–839,73 мг%, у період бутонізації – 153,67–987,02 мг%, у період квітнування – 139,85–416,82 мг% та у період плодоношення – 154,53–395,13 мг%. Порівняння з іншими представниками *Brassicaceae* показало, що рослини *Camellina sativa* накопичували вітамін С у межах 207,23–410,23 мг% (Vergun et al., 2017b). Вміст аскорбінової кислоти у рослин *Armoracia rusticana* становив 350 мг% (Rivelli et al., 2017).

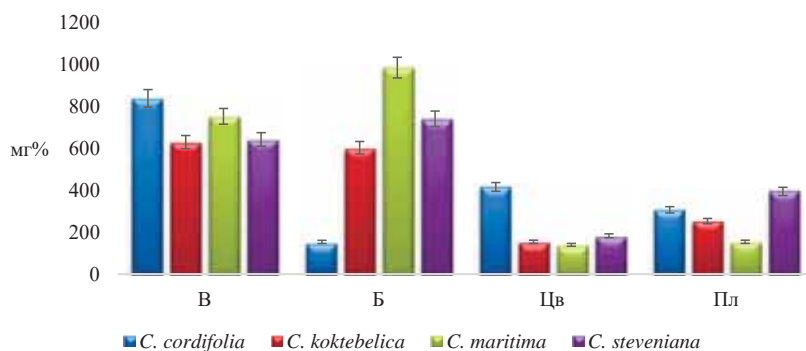


Рис. 3.24. Вміст аскорбінової кислоти в надземній частині рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації (В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітнування, Пл – плодоношення)

Дослідження накопичення β-каротину сфокусовані на його фармакологічних властивостях, таких як антиканцерогенні та антимуутагенні. β-каротин – важливий провітамін А, що проявляє захисну дію в організмі людини, наприклад, як сильний антиоксидант (Bogacz-Radomska and Narasym, 2018). Вміст β-каротину в сировині видів роду *Crambe* становив від 0,387 до 2,408 мг% (рис. 3.25).

Дубильні речовини – водно-розчинні поліфеноли, що присутні у багатьох рослинних продуктах. З одного боку, сировина, що багата на дубильні речовини має низьку поживну цінність, однак, вона характеризується антимікробною активністю (Chung et al., 1998). Вміст дубильних речовин в сировині досліджуваних рослин становив 1,28 до 6,47 % (рис. 3.26). За результатами попередніх досліджень встановлено, що вміст дубильних речовин у рослинах *Brassicaceae* становить 3 % (Mitaru et al., 1982).

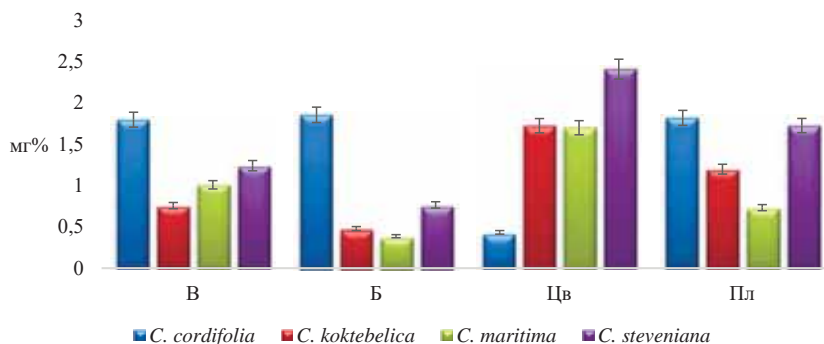


Рис. 3.25. Вміст каротину в надземній частині рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації (В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітання, Пл – плодоношення)

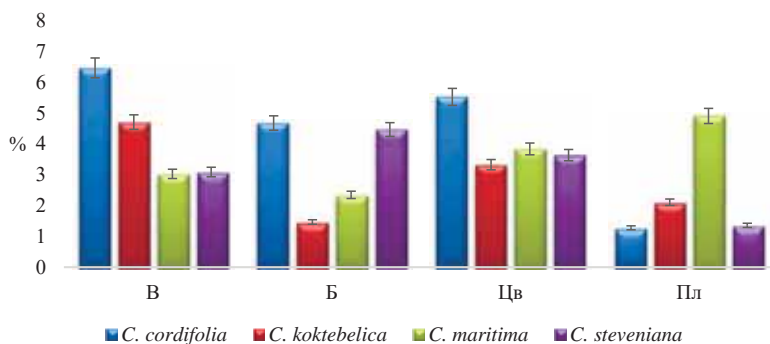


Рис. 3.26. Вміст дубильних речовин в надземній частині рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації (В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітання, Пл – плодоношення)

Накопичення вільних органічних кислот в сировині рослин видів роду *Crambe* протягом вегетації представлено на рисунку 3.27. Нами визначено, що сума вільних органічних кислот досліджуваних видів становила від 3,12 до 6,28 % залежно від фази розвитку та виду. Максимальні значення цього параметру знайдені у період весняної вегетації для усіх видів та у період бутонізації для *C. cordifolia*. Високий вміст органічних кислот у сировині, ймовірно, може бути пов'язаний з їх значенням у синтезі проміжних продуктів фотосинтезу.

Одним з найважливіших біохімічних параметрів для оцінки поживної якості сировини є вміст золи, що включає мінеральні компоненти (Godočiková et al., 2019). Також вміст золи є важливим параметром для оцінки якості біопалива: із збільшенням вмісту золи зменшується теплоємність (Prochnow et al. (2009)). Концентрація золи різних рослин з *Brassicaceae* може варіювати. Наприклад, загальний вміст її у стеблах *Lepidium sativum* може сягати 17,1 % (Sandekar et al., 2018). У нашому

дослідженні вміст золи для досліджуваних рослин роду *Crambe* становив від 6,11 до 14,61 % (рис. 3.28). Слід зазначити, що сировина *C. cordifolia* мала максимальний вміст золи протягом вегетації серед інших видів. У іншому дослідженні цей параметр становив для *C. orientalis* та *C. tataria* 7,83 та 9,31 % відповідно (Tutus et al., 2010).

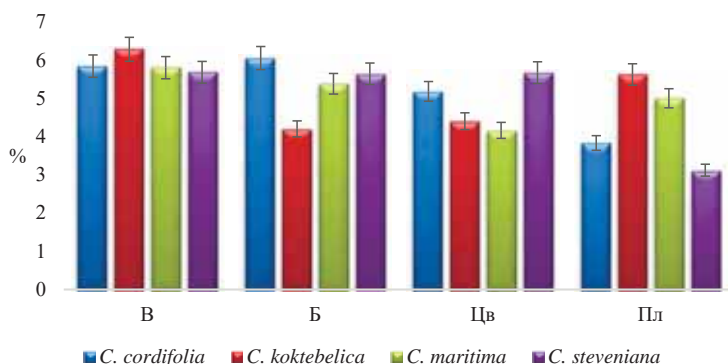


Рис. 3.27. Титрована кислотність надземної частини рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації (В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітування, Пл – плодоношення)

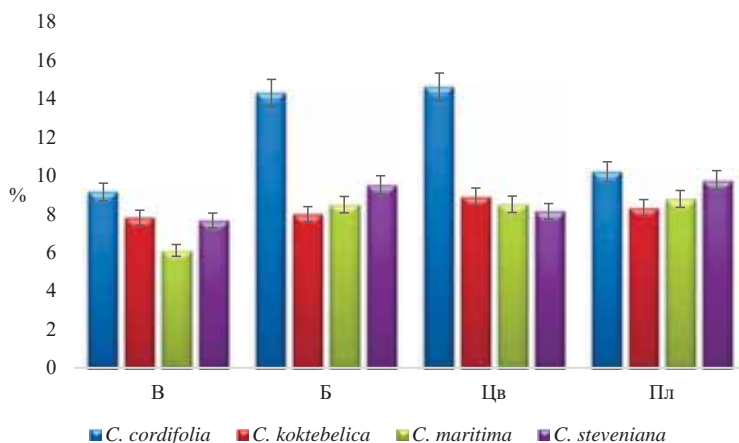


Рис. 3.28. Вміст золи в надземній частині рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації (В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітування, Пл – плодоношення)

Дослідження вмісту ліпідів у насінні рослин роду *Crambe* показало, що найвищий вміст їх ідентифіковано у *C. maritima* та *C. hispanica* subsp. *abyssinica* (рис. 3.29).

Енергетична цінність даних рослин досліджувалася протягом вегетації та становила від 3020,12 до 3757,45 кал/г (рис. 3.30).

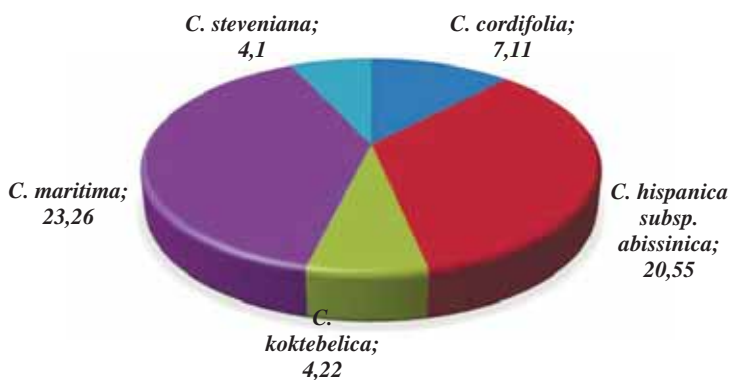


Рис. 3.29. Вміст ліпідів у насінні рослин видів роду *Crambe* L., %

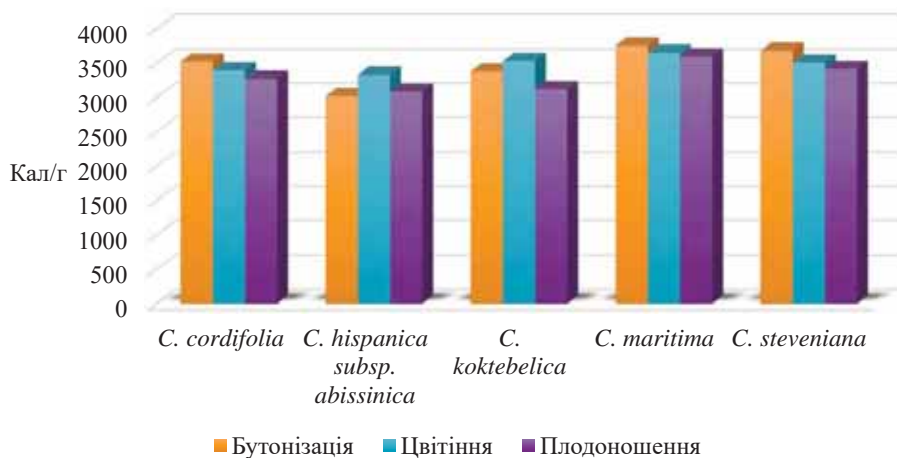


Рис. 3.30. Калорійність сухої сировини рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації

Дослідження вмісту кальцію та фосфору показали, що ці макроелементи, як і інші сполуки в надземній частині досліджуваних рослин, накопичувались нерівномірно (рис. 3.31). Найменше кальцію накопичувалось у період відростання, а найбільше – у період плодоношення у рослин *C. maritima*. Найнижчий рівень фосфору відмічено у рослин *C. maritima* у період відростання, а найвищий – у *C. koktebelica* у період квітування.

Уміст ліпідів у надземній масі досліджуваних рослин становив від 3,11 до 11,02 % залежно від фази розвитку та виду (рис. 3.32). У рослин *C. maritima* та *C. steveniana* вміст ліпідів був максимальним у період бутонізації, у інших видів – у період квітування.

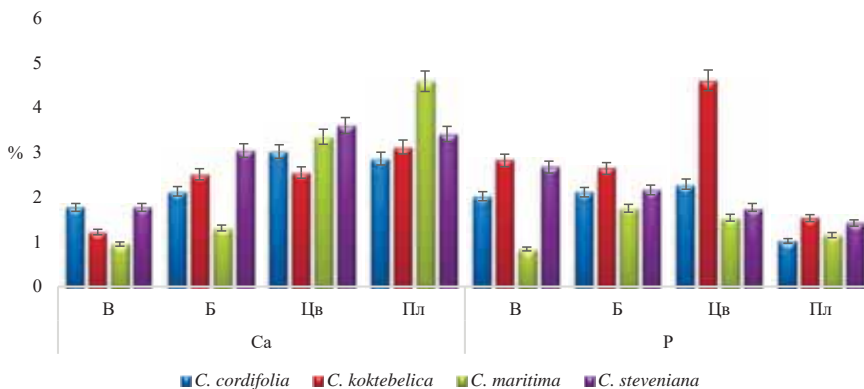


Рис. 3.31. Вміст кальцію та фосфору у рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації, %

(В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітування, Пл – плодоношення)

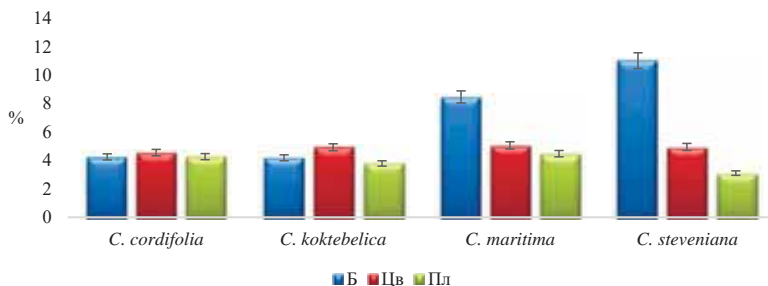


Рис. 3.32. Уміст ліпідів у надземній частині рослин видів роду *Crambe* L. протягом вегетації, %

(В – відростання, Б – бутонізація, Цв – квітування, Пл – плодоношення)

Спільно з ДВНЗ “Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України” проведені дослідження якісного складу та кількісного вмісту кислот жирних в листках *C. cordifolia* та *C. koktebelica*.

Якісний склад і кількісний вміст жирних кислот визначали методом газової хроматографії з мас-спектрометрією на хроматографі Agilent 6890N із хромато-мас-спектрометричним детектором 5973 inert (Agilent Technologies, США).

У листках *C. cordifolia* виявили 7 жирних кислот, серед них 4 насичені, 2 поліненасичені, 1 мононенасичена. Кількісно переважають  $\alpha$ -ліноленова (9,68 мг/г; 47,87 % від загального вмісту всіх ідентифікованих жирних кислот), пальмітинова (4,88 мг/г; 24,14 %) та лінолева (1,84 мг/г; 9,10 %) кислоти. Інші жирні кислоти становлять 18,89 %. З 12 жирних кислот, що були ідентифіковані в листках *C. koktebelica*, 8 належать до насичених, 2 – до поліненасичених, 2 – до мононенасичених. Кількісно переважають

$\alpha$ -ліноленова (8,84 мг/г; 42,95 %), лінолева (2,36 мг/г; 11,47 %) і пальмітинова (4,53 мг/г, 22,01 %) кислоти.

Визначення фотосинтетичних пігментів у листках рослин видів роду *Crambe* проводили протягом вегетації. Екологічні аспекти дослідження рослин в основному пов'язані з умовами росту. Одним з найважливіших екологічних факторів в житті рослин є світло (Lichtenthaler, 1987). Висота рослин, як правило, вважається кількісною ознакою, контрольованою кількома факторами, і значною мірою залежить від екологічних факторів (Chai et al., 2019). У нашому дослідженні ми використовували динамічне вимірювання висоти рослин та вмісту фотосинтетичних пігментів у листках під час вегетації (рис. 3.33). Цей показник у досліджуваних рослинах під час весняного відростання коливався від 16,3 до 26,6 см, у фазі бутонізації – від 26,3 до 80,2 см, у фазі квітіння – від 12,3 до 136,0 см, у період плодоношення від – 1,3 до 16,6 см, залежно від виду.

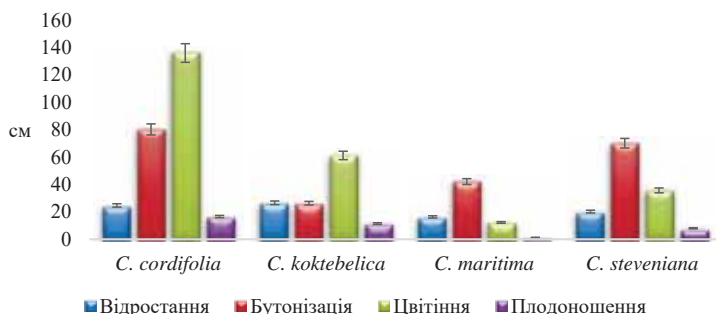


Рис. 3.33. Приріст рослин видів роду *Crambe* L. залежно від виду та фази розвитку

Вивчення вмісту хлорофілу у листках є одним з найважливіших параметрів при дослідженні рослинності та є показником фотосинтетичної активності (Lichtenthaler, 1987; Carmona et al., 2015). Хлорофіл відповідає за зелений колір та трансформацію світла в хімічну енергію, і в основному визначає швидкість фотосинтезу та первинну продуктивність (Li et al., 2019). Найвідоміший спосіб вивчення вмісту хлорофілу та каротиноїдів є спектрофотометричний метод (Lichtenthaler, 1987). Однак існує спеціальне обладнання (портативна хлорофіллометрія) для вимірювання хлорофілу в польових умовах, що дуже поліпшує дослідження і дозволяє негайно отримати результати (Dey et al., 2016; Kasparý et al., 2019).

Фотосинтетичні пігменти – це група речовин, які демонструють різноманітні функції та проявляють антиоксидантну властивість (Zawislak and Nurzynska-Wierdak, 2014). Хлорофіл *a* і *b*, пов'язаний з процесом збирання світла, і є індикатором оптимального стану рослин (Gogoї та Basumatary, 2018). Як правило, вміст хлорофілу піддається впливу різних факторів навколишнього середовища (Li et al., 2019). Вивчення вмісту



хлорофілу може бути використано для спостереження за станом рослинності при оцінці її продуктивності (Halik et al., 2017).

Вміст хлорофілу *a* у період весняного відростання становив від 0,32 до 0,49 мг/г сирої маси, у фазу бутонізації – від 0,24 до 0,68, квітучання – від 0,35 до 0,68, плодоношення – від 0,48 до 0,96 мг/г залежно від видових особливостей рослин (рис. 3.34). Слід зазначити, що в цей період накопичення хлорофілу *a* у листках протягом вегетації було нерівномірним.

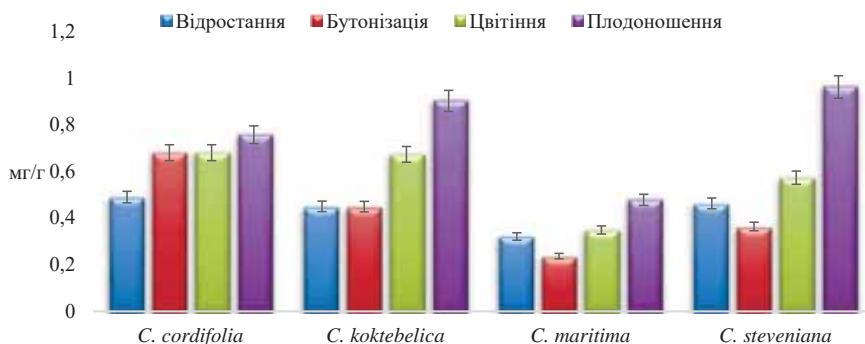


Рис. 3.34. Вміст хлорофілу *a* у листках рослин видів роду *Crambe* залежно від видових особливостей та фази розвитку

Вміст хлорофілу змінюється зі зміною умов зовнішнього середовища та визначається як важливий діагностичний показник для вивчення росту рослин (Li et al., 2019). Вміст хлорофілу *b* у листках досліджуваних рослин у період весняної вегетації коливається від 0,13 до 0,20 мг/г сирої речовини, у фазу бутонізації – від 0,16 до 0,28, квітучання – від 0,15 до 0,27 та плодоношення – від 0,28 до 0,44 мг/г (рис. 3.35). Вміст хлорофілів зменшується швидше, ніж каротиноїдів в умовах стресу чи під час старіння листків (Gitelson та Merzlyak, 1994; Peñuelas et al., 1995; Filella et al., 2009).

Каротиноїди беруть участь у різних захисних механізмах. Вони можуть запобігти утворенню вільних радикалів, які перешкоджають їхньому негативному впливу на організм. Каротиноїди характеризуються як агенти-фотозахисники, що зменшують сонячні опіки, фотоалергію та деякі види раку (Veeru, 2009). Це, головним чином, через жовтий колір під час деградації хлорофілу (Li et al., 2019). Між загальним вмістом каротиноїдів та антиоксидантною активністю рослинних екстрактів фосфомолібденовим методом визначена сильна кореляція (Ivanisova et al., 2017). Вміст каротиноїдів у період весняного відростання коливався від 0,03 до 0,09 мг/г сирої речовини, у фазу бутонізації – від 0,04 до 0,10, квітучання – від 0,07 до 0,20, плодоношення – від 0,2 до 0,44 мг/г (рис. 3.36).

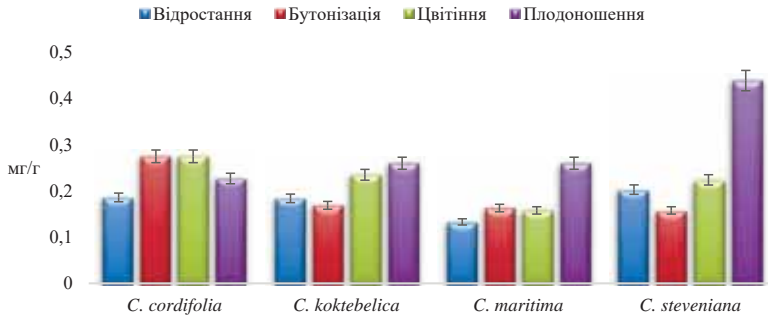


Рис. 3.35. Вміст хлорофілу *b* у листках рослин видів роду *Crambe* залежно від видових особливостей та фази розвитку

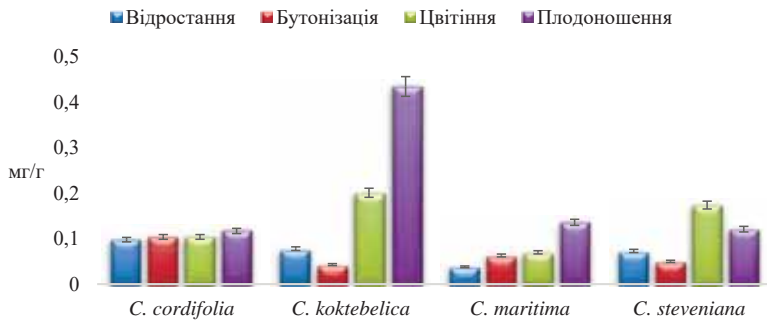


Рис. 3.36. Вміст каротиноїдів у листках рослин видів роду *Crambe* залежно від видових особливостей та фази розвитку

Будь-який стрес впливає на процеси регулювання в рослинних організмах та на фотосинтетичні властивості. Це відмічено у зв'язку між вмістом каротиноїдів та хлорофілів. Коефіцієнт вмісту каротиноїдів/хлорофілів у цьому випадку збільшується (Filella, 2002). Як відомо, співвідношення між хлорофілами та каротиноїдами у листку є інформативним показником для визначення фізіологічного стану рослин (Zhou et al., 2019).

Згідно Gogoi та Vasumatory (2018), співвідношення хлорофілу *a/b* вказує на стан фотосинтетичного апарату і пов'язане з ростом рослин. Співвідношення хлорофілів *a/b* у цьому дослідженні становило від 2,28 до 2,64 у період весняної вегетації, від 1,45 до 2,65 – у фазу бутонізації, від 2,21 до 2,87 – квітування, від 1,84 до 3,50 – плодоношення (рис. 3.37). Згідно з Anderson (1986), типовим є співвідношення 1,6–2,2 для хлорофілів *a/b* у тінювих рослин та 2,6–3,4 – у світлових.

Кореляція між вмістом хлорофілу *a* та приростом рослин була сильною у період весняного відростання ( $r = 0,78$ ), помірною – у період бутонізації ( $r = 0,52$ ) і сильною – у період квітування ( $r = 0,76$ ). У останній період досліджень виявлено дуже сильну кореляцію ( $r = 0,90$ ) між вмістом та

збільшенням хлорофілу *b*. Між приростом рослин та вмістом каротиноїдів також виявлена дуже сильна кореляція у періоди відростання ( $r = 0,84$ ) та бутонізації ( $r = 0,69$ ). Крім того, дуже сильна кореляція встановлена між приростом рослин та співвідношенням хлорофілу ( $r = 0,89$ ) у кінці вегетації.

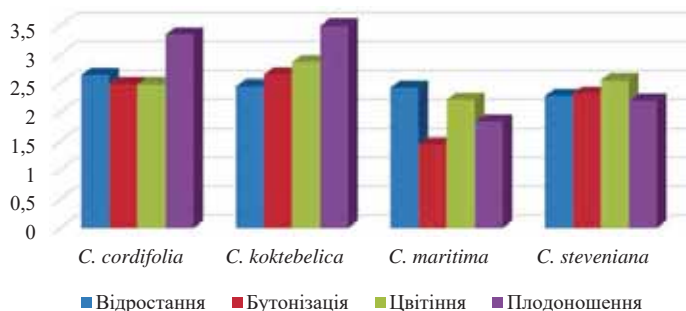


Рис. 3.37. Співвідношення вмісту хлорофілів у листках рослин видів роду *Crambe* L. залежно від видових особливостей та фази розвитку

Отримані дані свідчать про те, що максимальні значення хлорофілу *a* визначено у період плодоношення для всіх досліджуваних видів. Мінімальні значення його виявлено на стадії весняної вегетації для *C. cordifolia* та *C. koktebelica*, а у період бутонізації – для *C. maritima*, *C. steveniana*. Найменші значення співвідношення хлорофілів *a/b* знайдені для *C. maritima* у період бутонізації, що вказує на деякі зміни фотосинтетичного апарату.

Встановлено, що між вмістом хлорофілу *a* та ростом рослин на початку вегетації, між процесом росту та накопиченням фотосинтетичних пігментів існує кореляція. Дуже сильна кореляція знайдена між приростом рослин та вмістом каротиноїдів у період весняного відростання і бутонізації відповідно. Дуже сильна кореляція виявлена між приростом рослин та співвідношенням хлорофілу в кінці вегетації.

Таким чином, отримані результати показали, що позитивна кореляція між накопиченням фотосинтетичних пігментів досліджуваних рослин та їх приріст залежить від періоду росту та розвитку. Враховуючи деякі попередні результати щодо пігментного статусу рослин *Crambe* spp., отримані дані можуть бути використані для вивчення загальної продуктивності та деяких параметрів досліджених інтродуцентів.

**Рівень проліну в надземній масі як маркер стійкості рослин роду *Crambe*.** Абіотичні стреси вважаються однією з головних причин втрати понад 50 % врожаю більшості сільськогосподарських культур у світі (Нестеренко, Рашидов, 2017). Зазвичай рослини підпадають під вплив цілого комплексу факторів навколишнього середовища. Оскільки сила впливу кожного із них є змінним параметром під час кожного вегетаційного періоду, крім того, спостерігається поступове потепління

погодно-кліматичних умов, тому рослини у зв'язку із цим перебувають у стані стресу. Про фізіологічний стан та ступінь стресу рослин яскраво свідчить рівень проліну.

Пролін є одним із найбільш багатофункціональних стресових метаболітів рослин (Нестеренко, Рашидов, 2017). Пролін виконує осмопротекторні функції, шаперонну, антиоксидантну, сигнально-регуляторну та інші функції, надає осмо- і мембранопротекторну дію, бере участь в регуляції експресії генів, антиоксидантних ферментів і у зв'язуванні металів зі змінною валентністю, впливає на баланс НАД(Ф)Н/НФД(Ф) (Колупаєв, 2014, Нестеренко, Рашидов, 2017). Крім того, відома його здатність підтримувати нативну структуру білків під дією несприятливих впливів і навіть відновлювати функціональну активність денатурованих білків.

Пролін у рослинах може синтезуватись із глутамату та орнітину. Вважається, що синтез проліну, індукційованого дією стресорів, відбувається в основному глутаматним шляхом. Ключовим ферментом цього шляху є  $\Delta^1$ -пірролін-5-карбоксилатсинтаза, локалізована в цитоплазмі та хлоропластах (Колупаєв, 2014).

Найвищий рівень проліну – 22,0 моль/г, згідно з отриманими даними, виявився у рослин *C. steveniana*, що свідчить про перебування рослин у надзвичайно сильному стресі. Суттєво нижчі показники – 2,55 моль/г у *C. pontica* та найнижчі показники – 1,41 моль/г у *C. koktebelica*.

Отже, можна зробити важливий висновок, що рослини *C. steveniana* перебувають у сильному стресі в порівнянні із двома іншими досліджуваними видами, внаслідок чого в рослинах значно підвищується рівень проліну.

Існують свідчення про участь брасиностероїдів, як особливого класу стресових фітогормонів, в регуляції вмісту проліну. Зокрема із літературних джерел відомо, що у рослин сорго встановлено підвищення вмісту проліну в умовах водного стресу. А на рослинах огірка, рису та проростках пшениці виявлено підвищення вмісту проліну під час обробки брасиностероїдами навіть без дії стресорів (Колупаєв, 2014). Ймовірно, що така реакція можлива і залежить від видових (генетичних) особливостей рослин. Рослини роду *Crambe* належать до капустяних із відповідним природнім вмістом брасиностероїдів. Оскільки свідчення про вплив брасиностероїдів на вміст проліну достатньо суперечливі, тому напрямок досліджень брасиностероїдів роду *Crambe* та їх вплив на життєздатність та стресостійкість рослин вважаємо перспективним та актуальним.

Вміст катехинів у рослинній масі рослин роду *Crambe*. Для успішної інтродукції у нові ґрунтово-кліматичні умови важливе значення має стійкість рослин до несприятливих абіотичних та біотичних факторів. Під впливом ураження внаслідок абіотичних та біотичних стресів змінюються біохімічні показники рослин, зокрема і вміст катехинів.

Для лабораторних досліджень згідно з методикою брали листки рослин на експериментально-колекційних ділянках відділу культурної флори Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України під час

перебігу фаз бутонізації-квітання. Вміст катехінів визначали за вказівками В.І. Кривенцова (1982).

Катехіни (флаван-3-оли) – органічні безбарвні сполуки з групи флавоноїдів, відновлені форми, які легко окиснюються і набувають забарвлення. Катехіни – це стресові метаболіти. Вони беруть участь у антиоксидантному захисті клітин. Відповідно до загальноприйнятої точки зору, антиоксидантні властивості катехінів пояснюються їхньою здатністю слугувати пастками для вільних радикалів, а також хелатувати іони металів, що беруть участь у радикальних процесах.

Щодо вирішення питання про місце утворення фенольних сполук в рослинах із продуктів фотосинтетичної асиміляції вуглекислоти, єдиної думки не існує. Фенольні сполуки містяться в різних органах та тканинах рослин. Вони можуть утворюватися в певних спеціалізованих тканинах та транспортуватися в інші частини рослин або безпосередньо тканини рослин, здатні до їх синтезу у місцях використання. Проте основним місцем синтезу катехінів визнано найбільш молоді пагони та інтенсивно ростучі тканини, що є доказом їх активної ролі в життєдіяльності рослин (Запрометов, 1971).

При полімеризації катехінів утворюються дубильні сполуки. Вони становлять поліфенольні поєднання і є сильними антиоксидантами. Ці властивості багатьох рослинних продуктів значною мірою обумовлені саме вмістом катехінів.

Дія катехінів на організм людини різностороння, насамперед стимулююча. Окрім капілярозміцнюючої активності, катехіни володіють ще однією дією, характерною для вітаміну Р. Вони сприяють накопиченню аскорбінової кислоти в різних органах та тканинах (найбільше в наднирниках та селезінці).

Метою досліджень було визначити вміст катехінів у листках та калусі досліджуваних рослин *Crambe* для виявлення більш стійких видів. За вмістом катехінів максимальна їх кількість у калусі рослин (147,50 мг/100 г) *C. koktebelica* та у листках (122,5 мг/100 г) рослин *C. steveniana*. Середні показники зафіксовано у *C. pontica* (112,00 мг/100 г) та у *C. koktebelica* (111,00 мг/100 г). Найменше катехінів (105,00 мг/100 г) у калусі рослин *C. pontica* (табл.3.17).

Таблиця 3.17

**Вміст біологічно-активних сполук у надземній частині рослин досліджуваних видів роду *Crambe***

Вид рослин <i>Crambe</i>	Вміст катехінів, мг/100 г сухої речовини	
	листки	калус
<i>C. pontica</i>	112,00±1,00	105,00±4,33
<i>C. koktebelica</i>	111,00±1,73	147,50±9,01
<i>C. steveniana</i>	122,50±1,32	-

Проблеми насінного розмноження рослин видів роду *Crambe* та зв'язок із показниками пероксидазної активності рослин. Насіння досліджуваних видів *Crambe*, згідно з літературними даними, належить до А1-В типу

спокою, який пов'язаний з наявністю інгібіторів в покривах та зародку. На думку М.Г. Ніколаєвої (1985), насіння потребує холодової стратифікації. У зв'язку із складнощами насінного розмноження, пов'язаними із наявністю гальмувачів в насінних оболонках, вагомості набувають біотехнологічні методи насінного та вегетативного розмноження рослин в культуральних умовах та передпосівної обробки насіння за різними методиками.

Із комплексу неспецифічних реакцій рослин важливе значення мають активація молекулярного кисню та каталізоване ними пероксидне окислення ліпідів (ПОЛ). Існує гіпотеза, що саме активація процесів ПОЛ – одна із ключових ланок між стрес-впливом та реалізацією захисних реакцій організму. Процес ПОЛ може початися та відбуватися лише при наявності в клітинах та тканинах вільних радикалів. Вільні радикали – це нормальні метаболіти клітини, які беруть участь у процесах проліферації, росту та диференціації клітин, беруть участь в проростанні насіння рослин, а також в процесах старіння, тобто мають велике значення в життєдіяльності клітин всього організму (Кордюм и др., 2003). Активація процесів ПОЛ під дією несприятливих впливів супроводжується різними перебудовами рослин, обумовленими як безпосереднім окисленням ліпідів мембран, так і накопиченням продуктів ПОЛ та їх взаємодією з клітинними макромолекулами. Тому інтенсивність ПОЛ – важливий показник ступеня впливу різних факторів на організм, вивчення якого дає цінну інформацію про функціональний стан організму та його неспецифічні адаптаційні можливості (Кордюм и др., 2003).

Важливо зазначити, що малоновий диальдегід (МДА) здатний утворювати шиффові основи з аміногрупами білка, виступаючи як зшиваючий агент. У результаті утворюються нерозчинні білок-ліпідні комплекси, що мають назву пігментів зношення або ліпофусцинів. Таким чином, вміст МДА може служити показником активності окислювальних процесів, обумовлених кисневими радикалами (Мусієнко та ін., 2001).

У зв'язку з труднощами насінного розмноження, актуальним і необхідним було проведення дослідів на встановлення пероксидазної активності насіння рослин досліджуваних видів, проведеного за методикою М.М. Мусієнка (2001). Визначено, що максимального значення – 387,69 ннмоль/г сухої маси показники пероксидазної активності набули у *C. koktebelica*, середнього – 301,11 ннмоль/г – вона становить у *C. pontica*, та мінімального значення 188,49 ннмоль/г – у *C. steveniana*.

У зв'язку із отриманими даними, які є надзвичайно високими показниками в порівнянні із іншими досліджуваними видами рослин, можна зробити вагомий висновок про причини несхожості насіння. Процеси перекисного окислення ліпідів за участю форм активованого кисню призводять до руйнування поліненасичених жирних кислот і збіднення клітини полярними й ненасиченими жирними кислотами, що містять їх, появи гідрпероксидних угруповань у складі гідрофобної зони мембран. Це змінює фізико-хімічні властивості мембран. Крім того, ліпідні пероксиди викликають руйнування багатьох таких фізіологічно-важливих сполук, як сульфгідрильні сполуки, гормони, стероїди та ін.

У результаті всіх цих деградуючих процесів, коли продукти перекисного окислення ліпідів здатні пригнічувати реплікацію ДНК та білковий синтез, проростання насіння гальмується і стає неможливим. Це може бути однією із причин ускладненого насінного розмноження рослин роду *Crambe*.

**Біологічна активність сировини рослин видів роду *Crambe*.** Антиоксидантна активність. Серед відомих методів дослідження антиоксидантної активності рослинної сировини, ДФПГ-метод – один з найбільш поширених та заснований на здатності поглинати вільні радикали досліджуванним розчином. Даний метод відрізняється простотою та швидкістю виконання (Sánchez-Moreno, 2002). Антиоксидантна активність методом ДПФГ досліджуваних екстрактів становила від 4,38 (*C. koktebelica*, бутонізація) до 8,20 (*C. koktebelica*, квітування) мг ТЕ/г (рис. 3.38).

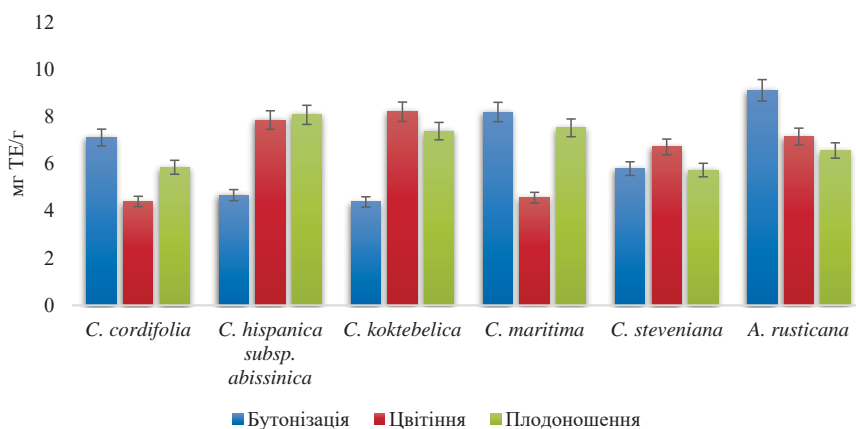


Рис. 3.38. Антиоксидантна активність екстрактів *Crambe* методом ДФПГ протягом вегетації (ТЕ – еквівалент тролоксу)

Характеризуючи періоди бутонізації, квітування та плодоношення, відмічено, що антиоксидантна активність становила 4,38–8,19, 4,40–8,20 та 5,73–8,07 мг ТЕ/г відповідно. Екстракти *A. rusticana* демонстрували антиоксидантну активність методом ДФПГ від 6,56 до 9,11 мг ТЕ/г. Найвища активність екстрактів визначена у період бутонізації серед усіх досліджуваних рослин. У фазу квітування та плодоношення найкращі результати показали екстракти *C. koktebelica* та *C. hispanica* subsp. *abyssinica* відповідно.

Bukhari et al. (2013) визначили антиоксидантну активність ДФПГ методом для метанольних екстрактів *C. cordifolia* 1106.65  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , порівняно з аскорбіновою кислотою (21,69  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) (Bukhari, 2013). Dubie et al. (2013) дослідили цим методом водні та метанольні екстракти насіння *Brassica juncea* як 4,59 та 6,51 мг/г еквіваленту синопінової кислоти (Dubie, 2013). Tomsone and Kruma (2017) визначили антиоксидантну активність для

листяних екстрактів *A. rusticana* протягом вегетації 37,13–73,38 мг/100 г ТЕ. Цей показник для інших представників *Brassicaceae*, таких як *Bunias orientalis*, у період квітучості становив 8,94 мг ТЕ/г у етанольних екстрактах (Vergun et al., 2018). Для порівняння, у рослин *Brassica campestris* та *Sinapis alba* у листяних екстрактах антиоксидантна активність ДФПГ методом становила 8,17 та 7,15 мг ТЕ/г відповідно (Vergun et al., 2019c).

Дослідження антиоксидантної активності також проводили фосфомолібденовим методом (ААФМ), що заснований на реакції з молібденовим комплексом. В результаті дослідження, як правило, отримані результати подаються у  $\alpha$ -токоферол чи тролокс еквіваленті (Gulcin, 2020). Антиоксидантна активність досліджуваних екстрактів цим методом становила від 40,07 (*C. maritima*, бутонізація) до 129,13 (*C. steveniana*, плодоношення) мг ТЕ/ (рис. 3.39).

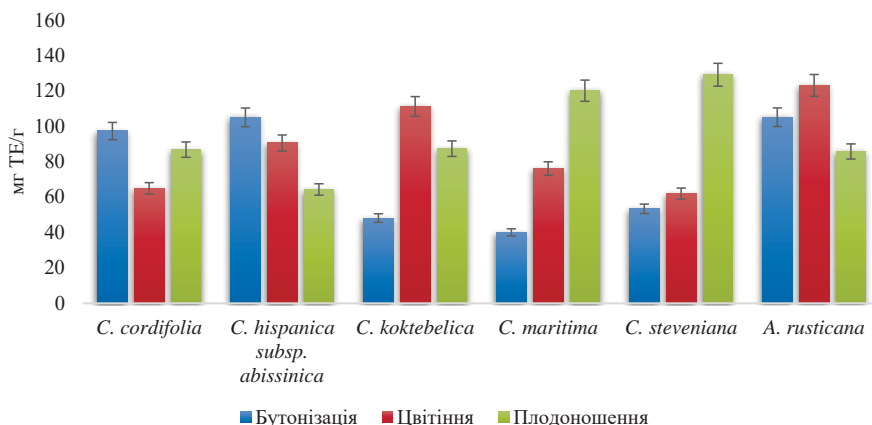


Рис. 3.39. Антиоксидантна активність екстрактів *Crambe* фосфомолібденовим методом протягом вегетації (ТЕ – еквівалент тролоксу)

У період бутонізації, квітучості та плодоношення визначено 40,07–105,06 мг ТЕ/г, 62,01–111,19 мг ТЕ/г та 64,34–129,13 мг ТЕ/г відповідно. У екстрактах *A. rusticana* відмічено збільшення антиоксидантної активності фосфомолібденовим методом від періоду бутонізації до квітучості та зменшення – від квітучості до плодоношення. Порівнюючи отримані результати, слід зазначити, що у період бутонізації подібні значення даного параметру зафіксовано для *A. rusticana* та *C. hispanica* subsp. *abysinica*. У фазу квітучості ААФМ була вищою для екстрактів *A. rusticana* та у період плодоношення *C. steveniana* та *C. maritima* мали вищі значення, ніж *A. rusticana*. У екстрактах *C. koktebelica* та *C. cordifolia* отримано подібні результати.

Bukhari et al. (2013) визначили ААФМ у екстракті *C. cordifolia* як 205,73  $\mu$ г/мг  $\alpha$ -токоферол еквівалент. Цей параметр у листяних екстрактах *A. rusticana* протягом вегетації становив 2638–9573 мг/100 г еквіваленту



аскорбінової кислоти (Tomsone and Kruma, 2017). ААФМ у етанольному екстракті *Bunias orientalis* становила 184,59 мг ТЕ/г (Vergun et al., 2018). Також у етанольних екстрактах листків *Brassica campestris* та *Sinapis alba* визначено ААФМ як 91,94 та 148,43 мг ТЕ/г відповідно (Vergun et al., 2019c).

Антиоксидантна активність рослинних екстрактів визначається низкою маркерів, серед яких особливої уваги заслуговують різні групи фенольних сполук, таких як флавоноїди та фенольні кислоти. У зв'язку з цим нами досліджено загальний вміст поліфенольних сполук, загальний вміст флавоноїдів та фенольних кислот у етанольних екстрактах рослин видів роду *Crambe* та рослин *A. rusticana* для порівняння.

Поліфенольні сполуки – натуральні речовини, що є основною групою напіврозчинних у воді сполук, які знайдені у природі в основному як глікозиди (Rasouli et al., 2017). Рослини є цінним джерелом поліфенолів, а представники з родини *Brassicaceae* не є виключенням (Sikora et al., 2008).

Загальний вміст поліфенольних сполук досліджуваних екстрактів *Crambe* spp. протягом вегетації становив від 20,24 (*C. koktebelica*, бутонізація) до 70,88 (*C. cordifolia*, бутонізація) мг ГКЕ/г (рис. 3.40). Цей параметр у екстрактах *A. rusticana* зменшувався протягом вегетації як у екстрактах *C. cordifolia* та *C. hispanica* subsp. *abissinica*, але значення його були нижче. Рослини *C. koktebelica* та *C. maritima* характеризувались збільшенням загального вмісту поліфенолів протягом вегетації, тоді як *C. maritima* накопичували ці речовини у період плодоношення у 3 рази більше, ніж у бутонізацію.

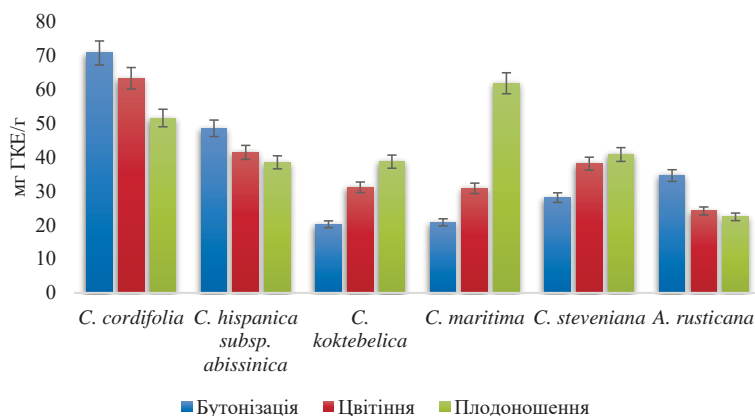


Рис. 3.40. Загальний вміст поліфенольних сполук у екстрактах рослин видів роду *Crambe* протягом вегетації (ГКЕ – еквівалент галової кислоти)

Rashid et al. (2018), досліджуючи кореневі екстракти *C. cordifolia* у різних розчинах, визначили, що загальний вміст поліфенольних сполук у метанольних екстрактах становив 210,3  $\mu$ г ГКЕ/мг, у хлороформі –

122,5 μг ГКЕ/мг, у етилацетаті – 35,1 μг ГКЕ/г та у гексані – 10,7 μг ГКЕ/мг (Rashid). Слід зазначити, що через відсутність достатньої кількості літературних джерел щодо антиоксидантної активності та вмісту поліфенольних сполук у рослин *Crambe*, важко проводити порівняльний аналіз отриманих даних. У разі цього використано результати визначення цих параметрів у інших представників *Brassicaceae*. Beevi et al. (2010) дослідили різні екстракти листків *Raphanus sativus* та визначили, що вміст поліфенолів становив 34,16 та 86,16 мг/г катехін-еквіваленту у водних та метанольних екстрактах відповідно (Beevi, 2010). Deveci and Uzun (2011) визначили, що вміст цих сполук у листках *Spinacia oleracea* становив 119,88 мг ГКЕ/100 г сирової маси (Deveci and Uzun, 2011). У водних екстрактах *C. cordifolia* загальний вміст поліфенолів становив 10,60 μг/г пірокатехол-еквіваленту (Bukhari et al., 2013). У водних та етанольних екстрактах насіння *Brassica juncea* цей параметр становив 11,56 та 8,00 мг/г в еквіваленті сінапінової кислоти (Dubie et al., 2013). Goyeneche et al. (2015) в листках *R. sativus* визначили 695,07 мг ГКЕ/100 г поліфенольних сполук. Листки *A. rusticana* протягом вегетації у дослідженні Tomsone and Kruma (2017) акумулювали загальний вміст поліфенолів в межах 1235–2705 мг ГКЕ/100 г (Tomsone and Kruma, 2017). Цей параметр для етанольних екстрактів *Bunias orientalis* становив 52,88 мг ГКЕ/г у період квітування (Vergun et al., 2018). У п'яти видів роду *Isatis* загальний вміст поліфенольних сполук становив від 8,90 до 19,16 мг ГКЕ/г (Comlekcioglu, 2019). У листових екстрактах *Brassica campestris* та *Sinapis alba* визначено 41,69 та 73,58 мг ГКЕ/г відповідно (Vergun et al., 2019c).

Флавоноїди – велика група поліфенольних сполук, що широко розповсюдженні в рослинному світі та проявляють високу антиоксидантну активність. У складі цієї групи флаволи, флаваноли, флаванони, халкони, що представлені в тканинах вищих рослин (Gulcin, 2020). Нами досліджено, що загальний вміст флавоноїдів у досліджуваних рослин становив від 5,73 (*C. hispanica* subsp. *abissinica*, бутонізація) до 29,92 (*C. steveniana*, плодоношення) мг ГКЕ/г (рис. 3.41). Накопичення флавоноїдів протягом вегетації для усіх досліджуваних видів було нерівномірним. У рослин *C. koktebelica*, *C. maritima* та *C. steveniana* акумулювалось найбільше флавоноїдів у період плодоношення перед відмиранням генеративних пагонів. Для порівняння, загальний вміст флавоноїдів у рослин *A. rusticana* зменшувався від фази бутонізації до плодоношення. Максимальний вміст флавоноїдів у період бутонізації визначено у екстрактах *C. cordifolia* та *A. rusticana*, у період квітування – для *C. hispanica* subsp. *abissinica*, у період плодоношення – для *C. koktebelica*, *C. maritima* та *C. steveniana*.

Згідно з Aguinalgalde and Gomez-Campo (1984), у рослинних екстрактах *Crambe* spp. ідентифіковано кемпферол, кверцетин, апігенін, лутеолін і т.д. В іншому дослідженні загальний вміст флавоноїдів в етанольних екстрактах *C. cordifolia* становив 1,43 мг ГКЕ/мг (Bukhari et al., 2013).

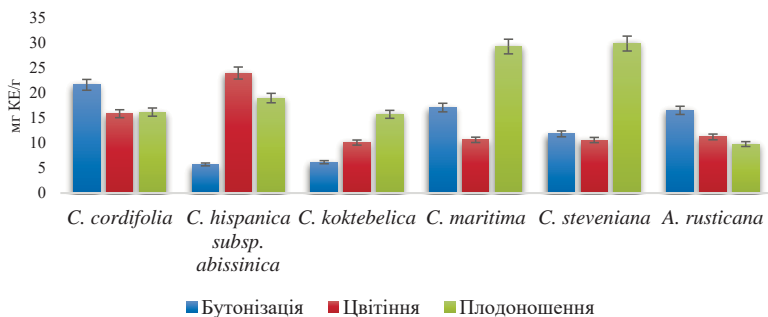


Рис. 3.41. Загальний вміст флавоноїдів у екстрактах рослин видів роду *Crambe* протягом вегетації (КЕ – еквівалент кверцетину)

Як зазначено у іншому дослідженні, кореневі екстракти *C. cordifolia* у різних розчинах мали загальний вміст флавоноїдів у метанолі 75,5  $\mu\text{g}$  КЕ/мг, у гексані – 7,09  $\mu\text{g}$  КЕ/мг, у хлороформі – 48,2  $\mu\text{g}$  КЕ/мг та у етил ацетаті – 18,8  $\mu\text{g}$  КЕ/мг сухої маси (Rashid et al., 2018). В екстрактах іншого виду *A. rusticana* визначено вміст флавоноїдів від 2486 до 11697 мг/100 г катехін-еквіваленту (Tomsone and Kuma, 2017). Порівняння з іншими видами *Brassicaceae* показало, що цей параметр у листових екстрактах *Raphanus sativus* становив 1042,73 мг КЕ/100 г (Goyeneche et al., 2015). У екстрактах *Bunias orientalis* у період квітіння вміст флавоноїдів становив 39,91 мг КЕ/г (Vergun et al., 2018), а у екстрактах *Isatis* spp. – від 115,6 до 430,6  $\mu\text{g}$  КЕ/г (Compleksioğlu, 2019). У екстрактах листків *Brassica campestris* та *Sinapis alba* вміст флавоноїдів становив 28,37 та 62,91 мг КЕ/г відповідно (Vergun et al., 2019c).

Фенольні кислоти – клас поліфенольних сполук, що поряд з флавоноїдами широко розповсюджені в рослинах та продуктах рослинного походження. Вміст цих речовин у фруктах та овочах відіграє важливу захисну роль за деяких хвороб (Gulcin, 2020). Загальний вміст фенольних кислот у екстрактах досліджуваних рослин *Crambe* spp. протягом вегетації становив від 3,00 (*C. hispanica* subsp. *abissinica*, бутонізація) до 10,63 (*C. maritima*, плодоношення) мг ККЕ/г (рис. 3.42).

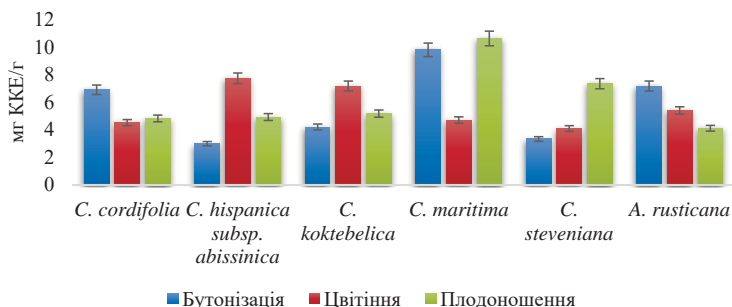


Рис. 3.42. Загальний вміст фенольних кислот у екстрактах рослин видів роду *Crambe* протягом вегетації (ККЕ – еквівалент кофейної кислоти)

Вміст фенольних кислот у рослин *A. rusticana* зменшувався від періоду бутонізації до плодоношення так само, як і загальний вміст поліфенольних сполук та флавоноїдів. Збільшення вмісту фенольних кислот у фазі бутонізації до фази плодоношення спостерігалось у екстрактах рослин *C. steveniana*. Найбільше їх накопичувалось у період бутонізації у рослин *C. cordifolia*, у період квітування – *C. hispanica* subsp. *abissinica* та *C. koktebelica*, у період плодоношення – *C. maritima* та *C. steveniana*.

Як видно з попередніх результатів, вміст фенольних кислот у екстрактах *Bunias orientalis*, наприклад, становив 11,29 мг ККЕ/г у період квітування (Vergun et al., 2018). Для листових екстрактів *Brassica campestris* та *Sinapis alba* вміст фенольних кислот визначено як 4,87 та 9,15 мг ККЕ/г відповідно (Vergun et al., 2019c).

Кореляція між антиоксидантною активністю та вмістом фенольних сполук в рослинних екстрактах залежить від складу фенольних сполук та різних методів, що засновані на різних реакційних механізмах (Tusevski et al., 2014). Дуже сильна кореляція визначена між загальним вмістом фенольних кислот та антиоксидантною активністю ДФПГ методом ( $r = 0,907$ ), між вмістом флавоноїдів та антиоксидантною активністю ДФПГ методом ( $r = 0,885$ ) у період бутонізації та між загальним вмістом фенольних кислот та флавоноїдів ( $r = 0,851$ ) у період плодоношення (табл. 3.18). Сильна кореляція спостерігалась у період бутонізації між вмістом фенольних кислот та антиоксидантною активністю ДФПГ ( $r = 0,777$ ), між вмістом фенольних сполук та флавоноїдів ( $r = 0,744$ ), між вмістом фенольних кислот та фенольних сполук ( $r = 0,717$ ), між вмістом фенольних сполук та флавоноїдів ( $r = 0,699$ ).

Tomsone and Kruma (2017) визначили сильну кореляцію між загальним вмістом поліфенольних сполук, флавоноїдів, антиоксидантною активністю ДФПГ методом та антиоксидантною активністю фосфомолібденовим методом у екстрактах *A. rusticana*. Нами визначено середню кореляцію між цими параметрами у період квітування ( $r = 0,557$ ). Згідно з літературними даними, існує кореляція між антиоксидантною активністю, що визначається різними методами (Muzykiewicz et al., 2020).

**Антимікробна активність.** Антимікробні властивості етанольних екстрактів *Crambe* spp. визначали у надземній та підземній частині рослин. Одним з найвідоміших методів визначення антимікробної активності рослинних екстрактів є дискодифузійний метод (Balouiri et al., 2016). Етанольні екстракти рослин *Brassicaceae* показали значну антимікробну активність проти вибраних патогенів (Prasad, 2014). Наприклад, різні екстракти *Brassica oleracea* var. *capitata rubra* демонстрували інгібуючий ефект проти *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* тощо. (Ayshwarya and Sudha Rameshwari, 2015). На початку вегетації рослини *C. cordifolia* та *C. koktebelica* не проявляли активності проти мікробних штамів. Екстракти *C. hispanica* subsp. *abissinica* у цей період пригнічували штами *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus*, *Bacillus cereus* (табл. 3.19).

Таблиця 3.18

**Коефіцієнти кореляції Пірсона між параметрами антиоксидантної активності рослин *Crambe* spp.**

Параметр	ЗВП	ЗВФ	ЗВФК	ААДФПГ
1	2	3	4	5
Бутонізація				
ЗВФ	0,699**	1		
ЗВФК	0,423*	0,744**	1	
ААДФПГ	0,536*	0,885**	0,907**	1
ААФМ	-0,169*	-0,432*	-0,775**	-0,473*
Квітування				
ЗВФ	0,439*	1		
ЗВФК	-0,165*	0,489*	1	
ААДФПГ	-0,231*	0,209*	0,777**	1
ААФМ	-0,515*	-0,685**	0,217*	0,557*
Плодоношення				
ЗВФ	0,383*	1		
ЗВФК	0,717**	0,851**	1	
ААДФПГ	-0,053*	-0,174*	0,080*	1
ААФМ	0,791**	-0,249*	0,161*	0,020*

ЗВП – загальний вміст поліфенольних сполук; ЗВФ – загальний вміст флавоноїдів; ЗВФК – загальний вміст фенольних кислот; ААДФПГ – антиоксидантна активність методом ДФПГ; ААФМ – антиоксидантна активність фосфомолібденовим методом; \*\* – значення кореляції на рівні 0,01; \* – значення кореляції на рівні 0,05.

Таблиця 3.19

**Антибактеріальна активність етанольних екстрактів надземної частини *Crambe* spp., мм**

Species	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. <i>aureus</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> subsp. <i>pneumoniae</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i>
Початок вегетації						
CC	нв	нв	нв	нв	нв	нв
CHA	2,60±0,70	нв	1,60±0,70	нв	нв	нв
CK	нв	нв	нв	нв	нв	нв
CM	нв	нв	нв	нв	нв	нв
CS	1,40±0,70	нв	нв	1,30±0,48	нв	нв
AR	нв	нв	нв	нв	нв	1,20±0,42
AMP/GEN	21,17±1,17	21,50±1,39	22,12±1,18	21,50±1,87	20,67±1,03	21,67±1,63
DMSO	нв	нв	нв	нв	нв	нв
Квітування						
CC	13,20±1,99	2,20±1,03	11,20±1,55	1,10±0,32	1,80±0,63	4,10±1,20

CHA	2,10±0,99	1,60±0,52	7,10±1,10	нв	нв	4,70±0,95
CK	3,30±0,48	2,90±0,88	12,70±1,42	нв	1,20±0,42	2,70±1,16
CM	1,08±1,03	3,00±1,15	5,10±0,99	2,20±1,32	3,80±0,79	2,00±0,82
CS	2,60±1,51	нв	12,40±1,90	нв	нв	1,40±0,52
AR	1,20±0,42	нв	нв	нв	нв	1,50±0,47
AMP/GEN	20,50±1,05	20,33±1,51	22,47±1,73	20,00±1,41	21,33±1,37	20,17±1,17
DMSO	нв	нв	нв	нв	нв	нв

Примітка: CC – *C. cordifolia*, CHA – *C. hispanica* subsp. *abissinica*, CK – *C. koktebelica*, CM – *C. maritima*, CS – *C. steveniana*, AR – *Armoracia rusticana*, нв – не визначено, AMP – ампіцилін, GEN – гентаміцин, DMSO – диметилсульфоксид.

Екстракти *C. steveniana* пригнічували штами *Haemophilus influenzae* та *Bacillus cereus*. У інших випадках пригнічення мікробних штамів не було відмічено. Екстракти *A. rusticana* також не були ефективні на початку вегетації проти мікробних штамів, окрім *Salmonella enterica* subsp. *enterica*. У період квітання інгібуюча активність надземної частини досліджуваних рослинних екстрактів була дещо вищою. *C. cordifolia* та *C. maritima* показали активність проти всіх досліджуваних мікробних штамів (1,10–13,20 та 1,08–7,70 мм відповідно). Екстракти *C. hispanica* subsp. *abissinica* мали зону пригнічення 1,60–7,90 мм проти 7 штамів, окрім *Haemophilus influenzae* та *Klebsiella pneumoniae* subsp. *pneumoniae*. *C. koktebelica* пригнічували ріст мікробних штамів на 1,20–12,70 мм, окрім *Haemophilus influenzae*. Зона пригнічення для екстрактів *C. steveniana* була від 1,40 to 12,40 мм, окрім *Clostridium perfringens*, *Haemophilus influenzae* та *Klebsiella pneumoniae* subsp. *pneumoniae*. Екстракти *A. rusticana* у період квітання мали низьку ефективність проти *Salmonella enterica* subsp. *enterica* та *Bacillus cereus*.

Загалом етанольні екстракти підземної частини *Crambe* spp. були більш ефективні проти мікробних штамів, ніж надземна частина (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

**Антибактеріальна активність етанольних екстрактів підземної частини  
*Crambe* spp., мм**

Species	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> subsp. <i>aureus</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> subsp. <i>pneumoniae</i>	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i>
Початок вегетації						
CC	2,40±0,52	2,50±0,71	4,00±0,80	3,30±0,67	3,90±0,99	3,60±0,84
CHA	3,10±0,74	2,70±0,67	2,60±0,84	1,70±0,67	нв	1,70±0,67
CK	1,70±0,67	2,80±0,63	4,70±0,95	3,60±0,97	3,90±0,99	7,50±0,97
CM	4,40±1,26	1,30±0,48	4,30±0,82	2,30±0,48	3,30±0,82	7,50±0,71

CS	1,50±0,53	2,50±0,71	3,90±0,57	2,40±0,52	4,60±1,07	6,80±0,79
AR	3,00±0,94	2,10±0,74	4,80±0,63	2,30±0,67	1,90±0,74	2,00±0,84
AMP/GEN	22,17±1,47	21,67±1,03	19,67±1,03	20,00±0,89	21,67±1,03	23,33±1,21
DMSO	нв	нв	нв	нв	нв	нв
Квітування						
CC	4,50±1,08	4,40±0,84	16,10±0,74	6,90±1,37	4,60±2,22	5,80±0,42
CHA	6,10±1,45	10,70±0,82	11,10±0,99	4,70±0,67	нв	8,70±0,67
CK	4,60±0,52	7,50±1,84	9,30±1,06	8,30±0,67	9,00±0,47	13,10±1,45
CM	9,30±0,95	5,90±0,57	12,30±1,64	5,80±1,14	7,40±1,51	13,80±1,55
CS	3,30±0,67	5,60±0,97	8,20±0,79	7,50±0,97	9,10±0,57	12,60±1,71
AR	9,70±0,95	10,10±1,52	10,70±1,16	7,80±1,40	нв	13,70±2,10
AMP/GEN	21,77±1,10	21,33±0,98	22,50±1,05	21,92±0,86	20,52±0,78	22,15±1,23
DMSO	нв	нв	нв	нв	нв	нв

Примітка: CC – *C. cordifolia*, CHA – *C. hispanica subsp. abissinica*, CK – *C. koktebelica*, CM – *C. maritima*, CS – *C. steveniana*, AR – *Armoracia rusticana*, нв – не визначено, AMP – ампіцилін, GEN – гентаміцин, DMSO – диметилсульфоксид.

Екстракти *C. cordifolia* показали активність проти мікробних штамів на початку вегетації та квітування 2,40–4,00 мм та 4,40–16,10 мм відповідно, *C. hispanica subsp. abissinica* – 1,70–3,10 мм та 4,70–11,10 мм, *C. Koktebelica* – 1,70–7,50 мм та 4,60–13,10 мм, *C. maritima* – 1,30–7,50 мм та 5,80–13,80 мм, *C. steveniana* – 1,50–6,80 мм та 3,30–12,60 мм відповідно залежно від мікробного штаму. Екстракти *C. hispanica subsp. abissinica* проти *Klebsiella pneumoniae subsp. pneumoniae* у обох фазах та екстракти *A. rusticana* у період квітування проти цих штамів не були ефективними. На доданок, найвища антимікробна активність екстрактів *A. rusticana* визначена проти *Bacillus cereus*.

Найкраща протикандидна активність на початку вегетації у досліджуваних екстрактах відмічена для *C. maritima* (6 мм) у підземній частині проти *Candida albicans* (табл. 3.21). У екстрактах *A. rusticana* також виявлено найвищі показники пригнічення (7,10 мм) у цей період у підземній частині. Відмічено, що екстракти надземної частини *C. cordifolia*, *C. koktebelica*, *C. steveniana* та *A. rusticana* не були ефективні проти трьох штамів *Candida* на початку вегетації.

Таблиця 3.21

Антикандидна активність етанольних екстрактів рослин *Crambe* spp., мм

Species	Above-ground part extracts			Underground part extracts		
	<i>Candida albicans</i>	<i>Candida glabrata</i>	<i>Candida tropicalis</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Candida glabrata</i>	<i>Candida tropicalis</i>
Початок вегетації						
CC	нв	нв	нв	нв	1,30±0,48	2,40±0,52
CHA	4,70±0,67	6,60±0,70	1,40±0,52	3,60±1,07	1,80±0,79	1,50±0,53
CK	нв	нв	нв	5,80±1,55	2,50±0,71	2,90±0,99
CM	3,50±0,97	2,40±0,84	нв	6,00±0,82	3,30±0,48	2,60±0,52
CS	нв	нв	нв	5,20±0,79	2,50±0,53	1,90±0,88

AR	нв	нв	нв	7,10±1,29	2,80±0,79	1,90±1,10
AMP	21,77±2,25	21,50±1,05	22,15±1,19	21,50±1,05	19,67±0,82	21,00±1,41
DMSO	нв	нв	нв	нв	нв	нв
Квітування						
CC	8,30±0,67	8,70±1,16	4,60±1,17	1,80±0,79	2,90±0,57	4,20±0,42
CHA	7,90±0,88	3,70±0,82	2,10±1,37	11,90±1,60	5,20±0,79	8,30±0,82
CK	6,90±1,20	2,10±0,57	нв	8,50±0,53	5,60±0,70	7,30±1,06
CM	7,70±0,95	7,40±0,97	2,70±1,16	10,50±2,68	7,30±0,95	5,00±0,67
CS	8,30±0,67	2,20±0,79	нв	7,40±0,97	6,30±0,95	4,90±0,74
AR	нв	нв	нв	12,10±2,28	9,10±0,99	11,80±1,69
AMP	21,83±1,60	21,17±1,17	20,17±0,75	21,33±0,88	20,05±0,81	21,12±1,17
DMSO	нв	нв	нв	нв	нв	нв

Примітка: CC – *C. cordifolia*, CHA – *C. hispanica* subsp. *abissinica*, CK – *C. koktebelica*, CM – *C. maritima*, CS – *C. steveniana*, AR – *Armoracia rusticana*, нв – не визначено, AMP – ампіцилін, DMSO – диметилсульфоксид.

У період квітування найвища протикандидна активність була відмічена для *C. hispanica* subsp. *abissinica* проти *Candida albicans* (11,90 мм). Екстракти *A. rusticana* пригнічували мікробні штами найкраще серед усіх досліджуваних екстрактів (12,10 мм).

Отже, в результаті комплексного біохімічного дослідження встановлено, що рослини видів роду *Crambe* характеризуються високим вмістом поживних речовин. Виявлено, що накопичення поживних речовин відбувається нерівномірно, що може бути пов'язано з їх біологічними особливостями як багаторічних рослин (розвиток додаткових пагонів протягом вегетації). В результаті дослідження сировини досліджуваних рослин виявлено, що залежно від фази розвитку екстракти проявляли антиоксидантну та антимікробну активність. Дуже сильну кореляцію виявлено між вмістом фенольних кислот та антиоксидантною активністю методом ДФПГ у період бутонізації та квітування. Екстракти підземної частини рослин проявляли вищу антимікробну активність, ніж надземної частини.

### 3.5. Біотехнологічні та алелопатичні особливості інтродукції рослин видів роду *Crambe*

**Алелопатична активність рослин видів роду *Crambe*.** Магомедалієв В.К. та група співавторів (2013) Дагестанського державного університету досліджували особливості морфогенезу та регенерації катрана бугристого в умовах *in vitro*. Вони вивчили дію NaCl (0,5; 1 %), БАП (0,5 і 5 мг/л) та ПЕГ (поліетиленгліколь 5 %) на проростання насіння, морфогенез вузлових та листкових експлантів. Ними була розроблена методика *in vitro* тканин катрана бугристого та оцінка стійкості до стресів,



визначений гормональний склад поживного середовища для росту та морфогенезу у експлантів пагонів та насіння катрана бугристого (Алиева і др., 2013; Магомедалиева, 2013).

Пушкарєва Н.О. та група авторів (Pushkarova et al, 2016) проводять дослідження зникаючого виду *C. koktebelica* (Junge) N. Busch з метою створення ефективних протоколів поверхневої стерилізації насіння в асептичній культурі та дослідження впливу застосування методів біотехнології (культивування *in vitro*) для збереження біологічного різноманіття та біохімічного складу рослин. Введення в асептичну культуру *in vitro* було проведено за розробленим авторами методом.

Дослідження алелопатичних властивостей рослин роду *Crambe* було започатковано А.М. Гродзінським. Перша його робота “Гальмувач проростання в плодів катрану татарського *C. tatarica* Sebeok” (1960) (Гродзінський та ін., 1960) щодо хімічної взаємодії рослин, як і більшість наступних, присвячена вивченню механізмів фізіологічної дії алелопатичних речовин, зокрема рослин *C. tatarica* Sebeok. Надалі Андрій Михайлович продовжував досліджувати якісний склад та кількісний вміст водорозчинних сполук катрана татарського (Гродзінський, Горобець, 1989).

Виявлення та тестування алелопатичної активності рослин видів роду *Crambe*. Алелопатичну активність рослин досліджували за методикою А.М. Гродзінського (1987), використовуючи в якості тестових культур *Cucumis sativus* сорту Конкурент, *Raphanus sativus* сорту Червона з білим кінчиком та *Amaranthus paniculatus*.

Використовували для біотестів водні витяжки листків трьох видів катрану *C. pontica*, *C. koktebelica*, *C. steveniana* у концентраціях 1:10, 1:50, 1:100. Результати наведено в таблиці 3.22.

Таблиця 3.22

**Алелопатична активність водної витяжки рослин видів роду *Crambe* (% по відношенню до контролю) у фазу квітання**

Вид	Концентрація розчину	Тест–рослини		
		<i>C. sativus</i>	<i>R. sativus</i>	<i>A. paniculatus</i>
<i>C. steveniana</i>	1:10	51,1	60,0	48,0
	1:50	69,5	70,3	68,5
	1:100	76,1	95,8	70,1
<i>C. koktebelica</i>	1:10	42,4	101,3	46,4
	1:50	61,9	117,2	75,4
	1:100	60,8	142,7	79,7
<i>C. pontica</i>	1:10	60,8	44,1	35,4
	1:50	63,3	97,2	58,9
	1:100	73,9	100,0	87,3

Водні витяжки катрану проявляють алелопатичну дію на ріст та розвиток тест–культур, яка носить стимулюючий або інгібуючий характер. Варто зазначити, що на проростки огірка та амаранту під дією витяжок трьох видів катрану, незалежно від концентрації, і редису під дією витяжок

катрану *C. steveniana* та *C. pontica* проявлявся виключно інгібуючий ефект, дія якого збільшувалась при збільшенні концентрації розчинів в прямій пропорційності. Найсильніший інгібуючий ефект від 35,4 % до 48,0 % зафіксовано при умові, що витяжки були в максимальній досліджуваній концентрації 1:10.

На відміну від огірка, у редьки спостерігалось стимулювання росту проростків витяжками рослин *C. koktebelica*, стимулююча дія якого збільшувалась із зменшенням концентрації витяжки.

На кінець вегетаційного періоду (табл. 3.23) спостерігалась гальмуюча дія водних витяжок катрану на проростки огірків, за виключенням витяжки катрана *C. koktebelica* в концентрації 1:50 та 1:100.

Таблиця 3.23

**Алелопатична активність водної витяжки рослин видів роду *Crambe* (по відношенню до контролю) у кінці вегетації, %**

Вид	Концентрація розчину	Тест-рослини		
		<i>C. sativus</i>	<i>R. sativus</i>	<i>A. paniculatus</i>
<i>C. steveniana</i>	1:10	85,34	105,37	101,9
	1:50	99,13	83,51	104,9
	1:100	88,89	145,87	120,2
<i>C. koktebelica</i>	1:10	87,93	48,38	88,1
	1:50	104,82	52,32	114,0
	1:100	105,17	97,13	114,6
<i>C. pontica</i>	1:10	74,88	54,25	73,2
	1:50	95,68	105,37	103,5
	1:100	95,68	96,77	121,0

На проростках редьки зафіксовано суттєве стимулювання росту кореня водною витяжкою *C. steveniana* 145,87 % при концентрації 1:100, незначне стимулювання цієї ж витяжки 105,37 % при концентрації 1:10 та витяжки *C. pontica* у концентрації 1:50. На проростках амаранту спостерігався суттєвий гальмуючий ефект 73,2 % зразком *C. pontica* та 88,1% зразком *C. koktebelica* в концентрації 1:10. Інші ж варіанти витяжок здійснювали виключно стимулюючий ефект із максимальними показниками *C. steveniana* 120,2 % та *C. pontica* 121,0 % при концентрації витяжок 1:100.

Отже, біологічна активність нутрієнтів тканин надземної частини катрану змінюється протягом вегетації, що, можливо, пов'язано із динамікою вмісту компонентів та їх співвідношенням. На початку вегетації співвідношення компонентів призводить до значного інгібування тест-рослин всіма витяжками, за виключенням катрану *C. koktebelica*, який здійснив стимулюючу дію 117,2 % та 142,7 % при концентрації витяжок 1:50 та 1:100 відповідно на проростки редиски. На кінець вегетації співвідношення компонентів змінюється, що призводить до переважання стимулюючої дії витяжок, яка особливо проявилася на проростках амаранту (з максимальним показником 121,0 %) та редиски (145,87%). Дослідження якісного складу та кількісного вмісту біологічно активних

сполук та їх динаміки протягом вегетаційного періоду потребує додаткового дослідження.

**Алелопатична активність ризосферного ґрунту досліджуваних рослин видів роду *Crambe*.** Коренева система рослин *Crambe* протягом вегетації накопичує та виділяє в ризосферний ґрунт біологічно-активні сполуки, які здійснюють хімічний вплив на оточуючі угруповання рослин. Ці виділення створюють в середовищі фітоценозу певний алелопатичний потенціал, який допомагає рослинам розмножуватися та розповсюджуватися на певній території.

Алелопатичну активність досліджуваних рослин зумовлює не одна певна сполука, а комбінація багатьох сполук, які відносяться до різних класів. В основному це низькомолекулярні продукти відносно простої будови, високогідрофільні, що і визначає їх активну алелопатичну дію (Гродзинський та ін., 1960; Гродзинский, Горобец, 1989).

У корневих виділеннях, згідно з літературними джерелами, можуть міститися органічні кислоти, азотисті сполуки, цукри, ферменти, вітаміни, алкалоїди, глюкозиди, антибіотики, природні та синтетичні ростові речовини (Гродзинский, 1973). Фізіологічна дія корневих виділень полягає в першу чергу в зміні метаболізму у коренях акцепторних рослин, в прискоренні чи сповільненні надходження води та поживних речовин. Після проникнення в рослини, фізіологічно активні виділення чинять різноманітні впливи на обмін речовин, які проявляються в цілому в посиленні чи сповільненні ростових процесів. А з іншого боку, кореневі виділення донора здійснюють опосередкований вплив на фізіологію рослини-акцептора через зміну та формування особливої ризосферної мікрофлори ґрунту (Гродзинский, 1973).

Отримані результати говорять про те, що дія метаболітів досліджуваних рослин, які виділяються коренями в прикореневий ґрунт, може мати як стимулюючу, так і інгібуючу дію. Важливо зазначити, що характер дії прикореневого ґрунту досліджуваних рослин *Crambe* може змінюватись протягом весняно-літньо-осіннього періоду із гальмування на стимулювання і навпаки залежно від фази вегетації рослин катрану та тест-культур. Зокрема у фазу плодоношення зафіксовано суттєву стимулюючу дію ґрунту трьох досліджуваних видів *Crambe*: 119,09 % – у *C. pontica*, 135,17 % – у *C. koktebelica* та 147,23 % – у *C. steveniana* на проростки амаранту, незначну 108,47 % – у *C. koktebelica* та 115,28 % – у *C. steveniana* на проростки огірка та інгібуючу 78,60 % – у *C. pontica* та 81,16 % – у *C. koktebelica* – на проростки редису.

Найвищою стимулюючою активністю в цей період, незалежно від тест-культури, відрізнився прикореневий ґрунт *C. steveniana*, середньою – *C. koktebelica*, найнижчою – *C. pontica* (рис. 3.43).

Крім того, зі зміною фаз вегетації рослин *Crambe* характер активності біологічно-активних сполук прикореневого ґрунту також змінюється із гальмування на стимулювання і навпаки. Так, на кінець вегетації характер впливу корневих виділень на тест-культури кардинально змінився.

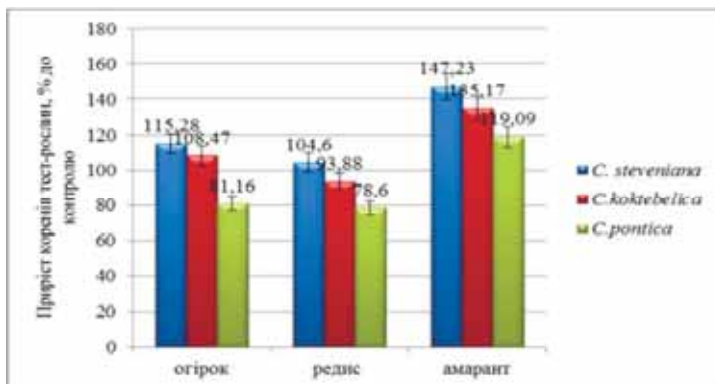


Рис. 3.43. Фізіологічна дія корневих виділень рослин роду *Crambe* у фазу плодоношення на тест-культури

Так, була зафіксована сильна стимулююча дія на проростки редиски ризосферного ґрунту *C. steveniana* із показником 256,7% та *C. koktebelica* – 231,0% (рис. 3.44).

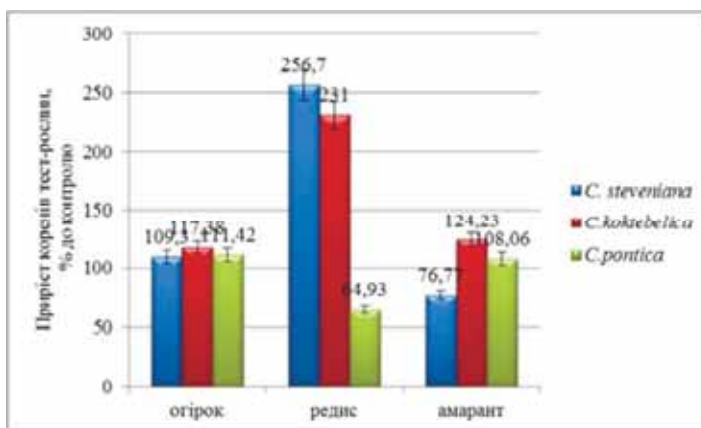


Рис. 3.44. Фізіологічна дія корневих виділень рослин роду *Crambe* у кінці вегетації на тест-культури

Окрім того, *C. koktebelica* та *C. pontica* здійснювали дещо нижчу, але суттєву стимулюючу дію на проростки амаранту (124,23 %) та огірка (117,38 %). Найчутливішим тест-об'єктом по відношенню до стимулюючої дії досліджуваних корневих виділень рослин видів *Crambe* виявився редис, середньочутливим – амарант, найменш чутливим – огірок. Найвищою стимулюючою алелопатичною активністю на кінець вегетації відзначився ґрунт *C. steveniana* та *C. koktebelica*, найнижчою – *C. pontica*. Крім того, була зафіксована інгібуюча алелопатична активність 64,93 % ґрунту *C. pontica* на проростки редиски та 76,77 % ґрунту *C. steveniana* на проростки амаранту.

**Алелопатична активність водних витяжок насіння рослин видів роду *Crambe*.** Готували водні витяжки насіння рослин *Crambe* в концентрації 1:10, 1:50, 1:100. Відфільтровані витяжки використовували для біотестів за методикою А.М. Гродзінського (1987).

Встановлено, що насіння видів роду *Crambe* володіє алелопатичною активністю, яка здебільшого проявляється у пригнічуючій дії на тест-культури (табл. 3.24).

Таблиця 3.24

**Алелопатична активність водних витяжок насіння рослин видів роду *Crambe* (% до контролю)**

Вид рослин	Концентрація розчинів	<i>C. sativus</i>	<i>R. sativus</i>	<i>A. paniculatus</i>
<i>C. pontica</i>	1:10	92,90	77,19	46,90
	1:50	120,33	120,81	93,91
	1:100	109,12	125,89	93,91
<i>C. koktebelica</i>	1:10	52,75	52,25	28,09
	1:50	108,83	98,77	84,20
	1:100	104,75	72,05	76,0
<i>C. steveniana</i>	1:10	34,08	40,40	34,61
	1:50	88,84	48,72	78,33
	1:100	79,28	54,95	91,87

Найсильніша інгібуюча дія зафіксована при концентрації розчинів 1:10 у насіння виду *C. koktebelica* та *C. steveniana* на всіх тест-культурах, а також у *C. pontica* на проростках амаранту. Найсильніша стимулююча дія зафіксована у *C. pontica* при концентрації витяжок 1:50 та 1:100 під час дії на проростки огірка та редиски. Витяжки *C. koktebelica* проявляли відносну алелопатичну толерантність в концентрації 1:50 на проростки огірка та редиски та в концентрації 1:100 на проростки огірка.

Отже, характер (стимуляція, інгібування) та сила алелопатичної дії біологічно-активних сполук насіння досліджуваних видів роду *Crambe* залежить від виду рослин та від концентрації екстракту. Найсильніша інгібуюча дія, незалежно від виду рослин *Crambe*, зафіксована при концентрації 1:10, найсильніша стимулююча дія зафіксована при концентрації витяжок 1:50 та 1:100.

Питання дослідження компонентного вмісту біологічно-активних сполук насіння видів роду *Crambe* важливо продовжувати надалі.

**Визначення суми гідроксикоричних кислот в тканинах рослин видів роду *Crambe*.** Гідроксикоричні кислоти досить поширені в рослинному світі. З них отримується ряд лікувальних препаратів типу "Імунал". Вони мають імуномодулюючу, антибактеріальну й протівірусну властивості, що є надзвичайно важливим при розробці лікувально-профілактичних засобів у медицині. Серед похідних гідроксикоричних кислот домінує цикорієва кислота.

Вміст сукупності похідних гідроксикоричних кислот в перерахунку на цукорієву кислоту й суху масу в процентах надземної частини досліджуваних рослин визначали за методикою М.М. Мусієнко (2001).

Серед досліджуваних видів максимальний вміст суми гідроксикоричних кислот виявився у *C. koktebelica*, що становив 0,0032 %, середні показники 0,0030 % – у *C. steveniana* та найменші 0,0025 % – у *C. pontica*.

У порівнянні із *Echinaceae purpurea*, вміст суми гідроксикоричних кислот якої коливається від 3,7 до 4,6 % і вважається досить високим. Можна підсумувати, що вміст суми гідроксикоричних кислот у досліджуваних видів роду *Crambe* характеризується низьким рівнем.

**Алелопатична активність соку надземної частини рослин видів роду *Crambe* в культуральних умовах.** Дослідження проводили за методикою біопроб та біотестів А.М. Гродзінського (1987). Готували поживне середовище Мурасіге-Скуга (MS) (Murashige, Skoog, 1963), додавали до нього сік надземної частини досліджуваних рослин видів роду *Crambe* у концентрації 1:100 (1 мл соку на 100 мл поживного середовища). Простерилізоване насіння (стерилізували за схемою 1,5 хв. спиртом, 2 хв. мертиолятом, двічі промивали дистильованою водою) тест-рослини огірка *Cucumis sativus* сорту Конкурент висаджували на поживне середовище у культуральні ємкості. Із результатів досліду видно, що витяжка соку із надземної маси рослин досліджуваних видів *Crambe* здійснювала виключно інгібуючу дію на проростки огірка, що зростав на поживному середовищі в умовах *in vitro*. Помічена закономірність, що ця пригнічуюча дія впливає на корінь тест-рослини дещо сильніше, ніж на її стебло (табл. 3.25).

Таблиця 3.25

**Алелопатична активність соку надземної частини рослин видів роду *Crambe* в культуральних умовах (% до контролю)**

Вид рослин	Довжина кореня, мм	% до контролю	Довжина стебла, мм	% до контролю
Контроль	73,2	100 %	95,5	100 %
<i>C. pontica</i>	48,33	66,03 %	80,8	84,28%
<i>C. koktebelica</i>	59,2	80,83%	88,33	92,5%
<i>C. steveniana</i>	29,3	40,0%	42,2	44,20%

Із досліджених варіантів рослини *C. steveniana* виявились найсильнішим інгібітором, в порівнянні із іншими двома видами. Так, ріст кореня огірка пригнічувався соком *C. steveniana* на 60,0%, у порівнянні із контролем, а стебло – на 55,8 %. Середні показники – у *C. pontica*, оскільки ріст кореня було пригнічено на 33,97 %, а стебла – на 15,72 %, в порівнянні із контролем. Найслабкіша пригнічуюча дія була виявлена у *C. koktebelica*, оскільки ріст кореня огірка відставав на 19,17 %, а ріст стебла – всього на 7,5 % в порівнянні із контролем.

Таким чином, теоретично узагальнено і практично показано вирішення проблем з інтродукції, встановлення біолого-морфологічних особливостей, адаптаційних можливостей, перебігу онтоморфогенезу, сезонних ритмів росту та розвитку, продуктивного потенціалу, біохімічного складу перспективних рослин видів роду *Crambe* в умовах Лісостепу України та розроблено наукові основи їх введення в культуру. Залучено до інтродукційного процесу 17 видів та форм рослин із природної флори, ботанічних установ зарубіжжя та України. Встановлено, що усі досліджувані види роду *Crambe* відзначаються високим рівнем життєвості (19–22 бали) та відносяться до групи особливо перспективних видів за інтродукції в умовах регіону досліджень

На основі аналізу літературних джерел виявлено, що у світовій науковій практиці види роду *Crambe* відомі як фітореemediанти для виведення із ґрунтів Cd и Pb. В умовах Середземномор'я перспективні як олійна культура. Також відомо використання, що надземна і підземна фітомаса вживається як замітник традиційних овочевих культур (капуста, спаржа, гірчиця тощо). Деякі представники цього роду мають високий вміст поліфенолів, володіють антиоксидантними, а також антимікробними властивостями, при цьому не справляють цитотоксичний ефект на еритроцити крові людини.

З'ясовано, що плоди рослин видів роду *Crambe* однонасінні нерозкривні стручки. За формою плоду здійснено розподіл на: кулясті – 3–5×3–5 мм (*C. hispanica* subsp. *abyssinica*), або 4,0–4,8×3,6–4,0 (*C. maritima*); еліптичні – 4,0–4,6×2,5–3,1 мм (*C. koktebelica*). Поверхня плоду гладка, матова, всередині блискуча. Стручки при повному дозріванні стають сухі, тверді та здерев'янілі у *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. koktebelica*, а у рослин *C. maritima* ззовні та зсередини вистелені аеренхімою, яка, очевидно, не тільки відповідає за газообмін, але й за забезпечення насінини необхідною кількістю вологи в період проростання.

Встановлено, що насіння рослин видів роду *Crambe* переважно кулястої форми (у *C. tataria* більш видовжене до яйцеподібної), шкірка насінини гладка, тьмяна від коричневого до чорного забарвлення. Корінчик насінини довший (зокрема у *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. koktebelica*) – близько 7 мм завдовжки або рівний довжині однієї із сторін насінини (*C. grandiflora*, *C. maritima*, *C. tataria*) – до 5 мм завдовжки. Насінний корінчик з'єднує гілум насінини з мікропіле і головним чином відповідає за провідність води та поживних речовин до зародка.

Досліджено анатомічну будову черешка, здійснено розподіл інтродуцентів на такі групи: з опушеним черешком *C. koktebelica*, *C. cordifolia*, яка в свою чергу розподіляється на два типи: волохате із довгими різнонаправленими одноклітинними волосками у рослин *C. koktebelica* та щетинисте із короткими, жорсткими й переважно прямими волосками у *C. cordifolia*; неопушеним черешком *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. maritima*, *C. steveniana*.

Виявлено, що апікальна частина листової пластинки має відмінності, а саме у наявності опушення: у рослин *C. hispanica* subsp. *Abyssinica*, *C. maritima* відсутнє опушення, а в представників *C. koktebelica*, *C. cordifolia*, *C. steveniana* спостерігається вйчаще опушення краю листової пластинки, яке також відповідає за врегулювання негативного впливу зовнішніх чинників довкілля.

Детальні мікроскопічні дослідження адаксіальної та абаксіальної поверхні листка дозволили з'ясувати, що захисним бар'єром від сонячної радіації у всіх інтродуцентів виступає характерний білий наліт. У таких представників, як *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. koktebelica*, *C. cordifolia* є опушення адаксіальної поверхні листової пластинки твердими, прямими й досить щільно розміщеними щетинистими одноклітинними волосками, які запобігають швидкому випаровуванню води й проникненню сонячної радіації всередину листка. За опушенням абаксіальної поверхні інтродуценти розподілено на: рослини без опушення – *C. hispanica* subsp. *abyssinica*, *C. maritima*; рослини з волохатим опушенням – *C. koktebelica*, *C. steveniana* (представлене довгими одноклітинними та однокінцевими волосками); рослини зі щетинистим опушенням – *C. cordifolia* (характеризується наявністю коротких, прямих одно- і двохкінцевих волосків).

У результаті комплексного біохімічного дослідження встановлено, що рослини видів роду *Crambe* характеризуються високим вмістом поживних речовин. Виявлено, що накопичення поживних речовин відбувається нерівномірно, що може бути пов'язано з їх біологічними особливостями як багаторічних рослин (розвиток додаткових пагонів протягом вегетації). У результаті дослідження сировини інтродукованих рослин виявлено, що залежно від фази розвитку екстракти проявляли антиоксидантну та антимікробну активність. Дуже сильну кореляцію виявлено між вмістом фенольних кислот та антиоксидантною активністю методом ДФПГ у період бутонізації та квітнування. Екстракти підземної частини рослин проявляли вищу антимікробну активність, ніж надземної частини.

Біологічно-активні нутрієнти надземної частини рослин родини *Crambe* здійснюють аллопатичну дію на ріст та розвиток тест-культур, яка носить стимулюючий або інгібуючий характер, сила та характер якої змінюються протягом вегетаційного періоду. На початку вегетації спостерігалось значне інгібування тест-рослин витяжками видів *C. steveniana* та *C. pontica*, за виключенням *C. koktebelica*, дія якого була стимулюючою 117,2 % та 142,7 % при концентрації витяжок 1:50 та 1:100 відповідно. На кінець вегетації переважає стимулююча дія витяжок *C. steveniana* із максимальними показниками 145,87 % та 121,0 %, за умови, що концентрація витяжки становила 1:100. Помічена закономірність, що із зменшенням концентрації витяжки її інгібуючі дія послаблюється та може набувати стимулюючого характеру.



Підтверджено, що дія метаболітів досліджуваних рослин *Crambe* з прикореневого ґрунту, може мати як стимулюючу, так і інгібуючу дію, характер якої перебуває в динаміці залежно від фаз вегетації рослин та тест-культур. Найсильніша стимулююча дія ризосферного ґрунту 256,7 % зафіксована у *C. steveniana*, дещо нижча 231,0 % – у *C. koktebelica*. На противагу, найсильніша інгібуюча дія 64,63 % зафіксована у *C. pontica*. Найвищою алелопатичною активністю на кінець вегетації відзначився ґрунт *C. steveniana* та *C. koktebelica*, найнижчою – *C. pontica*.

Виявлено, що за рівнем пігментів та їх співвідношенням із трьох досліджуваних видів в умовах інтродукції рослини *C. pontica* перебувають в найкращому фізіологічному стані.

Встановлено, що найвищий рівень проліну (22,0 моль/г) у рослин *C. steveniana*, що свідчить про перебування їх у сильному фізіологічному стресі, пов'язаному з біотичним та абіотичним чинником. Суттєво нижчі показники (2,55 моль/г) у рослин *C. pontica* та найнижчі (1,41 моль/г) – у *C. koktebelica*.

Показаний зв'язок вмісту катехинів із стійкістю рослин до несприятливих абіотичних та біотичних факторів. За рівнем катехинів в листках найбільшим вмістом (122,5 мг/100г) відзначився зразок *C. steveniana*, що може свідчити про вищу стійкість рослин цього виду, дещо нижчим (112,0 мг/100г) – зразок *C. pontica* та найменшим (111,0 мг/100г) – зразок *C. koktebelica*. На противагу, у калусі максимальна кількість катехинів (147,50 мг/100 г) мали рослини *C. koktebelica*. Виявлено, що рівень флавоноїдів у досліджуваних рослин роду *Crambe* перебуває на одному рівні (від 0,405 до 0,490 мг/г), які несуттєво відрізнялися залежно від видових особливостей та періоду розвитку.

Сформульовано гіпотезу про те, що складності із насінним розмноженням досліджуваних рослин *Crambe* можуть бути пов'язані із високими показниками пероксидазної активності їх насіння. Максимального значення (387,69 ннмоль/г сухої маси) показники пероксидазної активності набули у *C. koktebelica*, середнього (301,11 ннмоль/г) – у *C. pontica* та мінімального значення (188,49 ннмоль/г) – у *C. steveniana*.

Досліджено, що насіння рослин видів роду *Crambe* містить біологічно-активні сполуки, які при розчиненні їх водою, здійснюють алелопатичний вплив на оточуючі рослини. Сила та характер алелопатичної дії залежить від виду рослин *Crambe* та від концентрації розчину. Найсильніша інгібуюча дія, незалежно від виду рослин *Crambe*, зафіксована при концентрації 1:10, найсильніша стимулююча дія зафіксована при концентрації біологічно-активних сполук 1:50 та 1:100.

Виявлено, що вміст суми гідроксикоричних кислот у вегетативній масі досліджуваних рослин видів роду *Crambe* характеризується несуттєвим рівнем, тому дані рослини не рекомендується розглядати як перспективну сировину для виробництва імуномодулюючих медичних препаратів.

Встановлено, що біологічно-активні компоненти клітинного соку вегетативної частини рослин видів роду *Crambe* при додаванні до культурального середовища MS в умовах *in vitro* здійснюють суттєву інгібуючу дію на тест-рослини. Витяги з рослин *C. steveniana* виявились найсильнішим інгібітором тест-рослин, середні показники мали *C. pontica* та найслабкіші – *C. koktebelica*. Результати цього дослідження актуальні до застосування в аграрній сфері при підборі рослин та визначенні їх сумісності в культурфітоценозах.

## РОЗДІЛ 4

# ЗБАГАЧЕННЯ ВИДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ, ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНОФОНДУ ЦІННИХ ПЛОДОВИХ РОСЛИН ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО САДІВНИЦТВА

---

---

### 4.1. Умови, об'єкти та методи проведення досліджень

Дослідження проводили протягом 2017–2021 рр. у відділі акліматизації плодкових рослин Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (НБС).

*Об'єкти дослідження* – процеси росту та розвитку, адаптаційна та репродуктивна здатність, морфологічні, фізіолого-біохімічні особливості, прийоми розмноження, успішність інтродукції, перспективи культивування.

*Предмет дослідження* – колекція рослин видів *Asimina triloba* (L.) Dunal., *Chaenomeles* spp. – хеномелес – 3 види (*Ch. japonica*, *Ch. speciosa*, *Ch. superba*), *Prunus spinosa* L. в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України (НБС).

*Методи проведення досліджень.* Таксономічний склад об'єктів дослідження уточнювався за допомогою літературних джерел: Флора СРСР (1953), Деревья и кустарники СРСР (1958), А.Л. Тахтаджян (1987), С.К. Черепанов (1995), APG II (2003).

Для морфологічного опису використовували “Атласы по описательной морфологии высших растений” (Артюшенко, Федоров, 1986; Артюшенко, 1990).

Фенологічні спостереження проводились за ”Методикой фенологических наблюдений в ботанических садах СССР” (1975). Динаміку росту річних пагонів вивчали за методикою Г.В. Куликова, М.Г. Гельберга (1974). Протягом вегетаційного періоду періодично реєстрували довжину пагонів до повного закінчення росту. У кожної рослини в середній частині крони робили заміри на одних і тих же 10 пагонах.

Урожай визначали окомірно за 5-бальною шкалою та зважуванням зібраних плодів. Середню масу плодів визначали в 3-кратній повторності, зважували від 30 до 50 свіжозібраних стиглих плодів (Программа и методика, 1980). Дегустаційну оцінку проводили за такими показниками: привабливість за зовнішнім виглядом, характер смаку, соковитість і консистенція м'якуша, смак, аромат, загальна оцінка якості.

Зимо- та посухостійкість оцінювали візуально за 5-бальною шкалою (Учеты, наблюдения, анализы..., 1987).

Тимчасові препарати листової поверхні та черешка розглядали в світловому тринокулярному мікроскопі XSP-146T фірми ULAB за збільшення в 40, 100 і 400 разів. Фотографували зрізи з допомогою цифрової мікрофотокамери дзеркальної фотокамери Canon EOS 550. Поперечні зрізи отримували за допомогою леза. Гідроксикоричні кислоти виявляли за допомогою реактива Арнова. На зріз наносили наступні реактиви у вказаній послідовності: 1 краплю реактиву № 1 (0,5 М розчину хлористоводневої кислоти), 1 краплю реактиву № 2 (суміш 10 % розчину натрію молібдату і 10% розчину натрію нітриту), 1 краплю реактиву № 3 (розчину натрію гідроксиду розведеного). Залишки реактивів видаляли фільтрувальним папером, зріз поміщали в краплину води на предметному склі, накривали покривним склом і розглядали під мікроскопом. Спостерігали утворення червоно-фіолетового забарвлення.

Оцінка мінливості ознак вегетативних та генеративних органів рослин досліджених видів проведена за допомогою порівняльно-морфологічного методу (Мамаев, 1972). Ступінь варіювання визначали за шкалою рівнів мінливості коефіцієнта варіації (51): < 7 % – дуже низький рівень мінливості; 7–15 % – низький; 16–25 % – середній; 26–35 % – підвищений; 36–50 % – високий; > 50 % – дуже високий рівень мінливості.

Досліди з насінного розмноження об'єктів дослідження проводили з урахуванням рекомендацій М.Г. Ніколаєвої (1985). Онтогенез рослин вивчали згідно з "Рекомендациями по изучению онтогенеза интродуцированных растений в ботанических садах СССР" (1991) та згідно програми Л.С. Плотнікової (1973). Метою спостережень було не лише з'ясування морфологічної характеристики об'єктів дослідження, але й виявлення діагностичних ознак, необхідних при визначенні видової належності рослин на ранніх етапах онтогенезу. Ґрунтову схожість насіння визначали шляхом підрахунку сходів і вираховували середній відсоток схожості (Методические указания по семеноведению интродуцентов, 1980).

Біохімічні дослідження вегетативних і генеративних органів азиміни та хеномелесу проводили за наступними методиками: вивчення складу жирних і органічних кислот плодів проводили хромато-мас-спектрометричним методом. Для ідентифікації компонентів використовували бібліотеки мас-спектрів NIST05 та Wiley 2007 із загальним числом спектрів більше 470000, в поєднанні із програмами для ідентифікації AMDIS і NIST. Для кількісних розрахунків використовували метод внутрішнього стандарту; дослідження складу летких сполук проводили хромато-мас-спектрометрії методом на газовому хроматографі Agilent Technologies 6890. Вміст фенольних сполук визначали загальноприйнятими методами: флавоноїдів – за реакцією з алюмінієм хлоридом, танінів – за реакцією з фосфорномолібденовольфрамовим реактивом. Вміст фракцій полісахаридів визначали спектрофотометричним методом за реакцією з антронсерним реактивом; визначення загальної

антиоксидантної активності (ЗАА) досліджуваних рослин здійснювали DPPH-методом (Brand-Williams, 1995). Рослинні зразки екстрагували протягом дванадцяти годин в метанолі (1г у 25 мл розчинника) і дистильованій воді при постійному помішуванні (шейкер LT2, Czechoslovakia). Потім екстракти фільтрували та визначали на спектрофотометрі Genesis 20 (Thermo Electron, Germany) за довжини хвилі 515 нм. Використовували 0,1 мл отриманого фільтрату та 3,9 мл  $2,5 \times 10^{-4}$ М розчину 2,2-дифеніл-1-пікрілгідразилу (DPPH). Спочатку здійснювали вимірювання робочого розчину DPPH ( $AA_0$ ), потім додавали зразок і вимірювали отриманий розчин за 10 хвилин ( $AA_{10}$ ). Визначення ЗАА здійснювалось в трьох повтореннях. Результати розраховували за формулою:  $ЗАА (\%) = ((AA_0 - AA_{10}) / AA_0) \times 100$ .

#### **4.2. Біолого-екологічні особливості, адаптація, біохімічні властивості рослин *Asimina triloba* (L.) Dunal., *Chaenomeles* spp. (*Ch. japonica*, *Ch. speciosa*, *Ch. superba*, *Ch. cathayensis*), *Prunus spinosa* L.**

**Азиміна трилопатева (*Asimina triloba* (L.) Dunal).** Азиміна трилопатева (*Asimina triloba* (L.) Dunal) належить до великої родини Аннонові (*Annonaceae*) з Північної Америки, тут її називають Pawpaw або Paw Paw. Вона є єдиним серед більш ніж 130 родів родини Аннонових та 2400 видів, представники якої мають ареал за межами субтропічної зони (Bremer et al., 2009; Couvreur et al., 2011).

Азиміна трилопатева – реліктовий вид стародавньої льодовикової флори США. Перші скам'янілості рослин роду *Asimina* були датовані еоценом (близько 56–34 мільйонів років тому), а перші *A. triloba* – міоценом (близько 23–5,3 мільйона років тому) (Berry, 1916). Кліматичні умови природного ареалу азиміни характеризуються помірно холодною зимою, теплим та вологим літом, середньорічна температура 9–12 °С, сумою опадів 900–1000 мм. Абсолютний мінімум для північної частини ареалу не перевищує 30 °С. Для нормального зростання та розвитку азиміни необхідно не менше 160 діб вегетації за суми ефективних температур 2600–2800 °С для визрівання плодів. Північний кордон природного ареалу азиміни поширюється до штатів Нью-Йорк, Мічиган і Канзас, а в культурі – до південних районів Канади, для яких характерні низькі температури повітря – до 25–30 °С.

**Біоекологічні та морфологічні особливості.** У НБС азиміна трилопатева випробовується вже упродовж 30 років.

В умовах НБС азиміна – листопадна рослина, це невелике красиве дерево висотою до 8–10 м, з широкою пірамідальною кроною та густим розташуванням гілок (рис. 4.1). Стовбур з гладкою сірою корою (рис. 4.2), діаметром 30–40 см, хоча окремі старі екземпляри досягають в обхваті більше 1 м. Деревина рихла і м'яка, практично не придатна для

господарського використання, хоча з кори плели мотузки та рибальські сітки.



Рис. 4.1. Рослини *Azimina triloba* (L.) Dunal



Рис. 4.2. Кора *Azimina triloba* (L.) Dunal

Веgetативні бруньки азиміни подовжені, зеленувато-коричневі, як правило, верхівкові (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Бруньки *Azimina triloba* (L.) Dunal:  
А – вегетативні; Б – генеративні

На вирощених у наших умовах рослинах вони досить великі – 7,5 мм заввишки та 2,2–2,5 мм завширшки, бічні бруньки – маленькі – 1,1 × 1,1 мм, майже непомітні неозброєним оком, мають 6–8 листових зачатків і 2–3 бруньки в пазухах листка зародка. Наявність у рослин різних за рівнем розвитку бруньок забезпечує стійкість рослин до несприятливих погодних умов: у разі загибелі бруньок одного типу від морозу або посухи відростають нові пагони з бруньок інших типів. Крім того, рослини утворюють бруньки на корінні, з них у червні-серпні утворюється коренева поросль.

Генеративні бруньки – округлі, на коротких черешках, закладаються у пазухах листків (див.рис. 4.3В). Луски у брунці різні – нижні – зелені, прикривають нирку двома лопатями, далі – густо опушені та щільно зімкнуті луски коричнево-чорного кольору. Генеративні бруньки закладаються у травні, швидко диференціюються і вже на початку липня видно зачатки пелюсток, тичинок та плодолистків. Висота генеративної бруньки 4,0–4,5 мм, ширина – 2,2–2,5 мм. У серпні генеративні бруньки повністю сформовані, наприкінці квітня на початку травня наступного року починається квітування. Квіткові бруньки азиміни захищені темно-коричневими опушеними лусками, що оберігають їх від морозу та весняних заморозків.

Квітки двостатеві, дуже красиві, великі, звисаючі, келихоподібної форми, нагадують тюльпан, до 3–5 см в діаметрі, пелюстки розташовані вільно у два кола по три пелюстки. З появою квітки світло-зелені, але поступово до кінця квітування стають темно-бордовими, зі злегка неприємним ароматом (рис. 4.4).

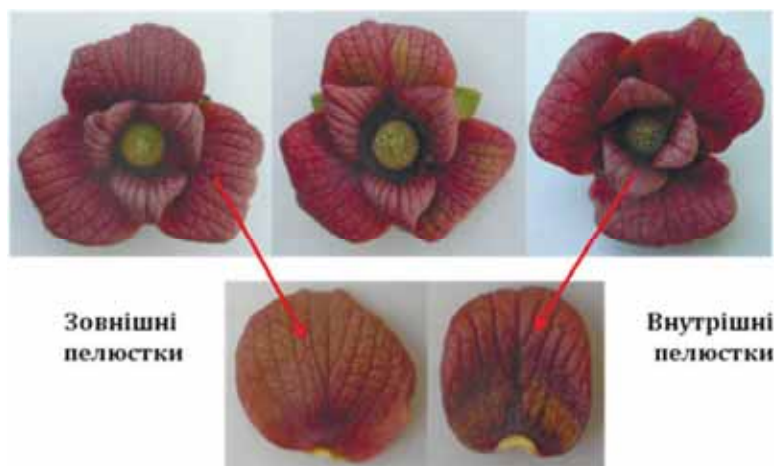


Рис. 4.4. Квітки *Azimina triloba* (L.) Dunal

Довжина пелюсток зовнішнього ряду – від 21,67 до 34,89 мм, ширина – від 12,77 до 27,31 мм. Довжина пелюсток внутрішнього ряду – від 15,91 до 25,65 мм, ширина – від 10,88 до 17,24 мм. Чашечка з 3 зелених вільних

чашолистків (рис. 4.5), довжина яких варіює від 8,57 до 17,64 мм, ширина – від 7,86 до 12,05 мм. Довжина квітконіжки коливається від 10,70 до 27,87 мм, товщина – від 1,03 до 2,16 мм. Квітконіжка та чашечка опушені м'якими коричневими волосками.

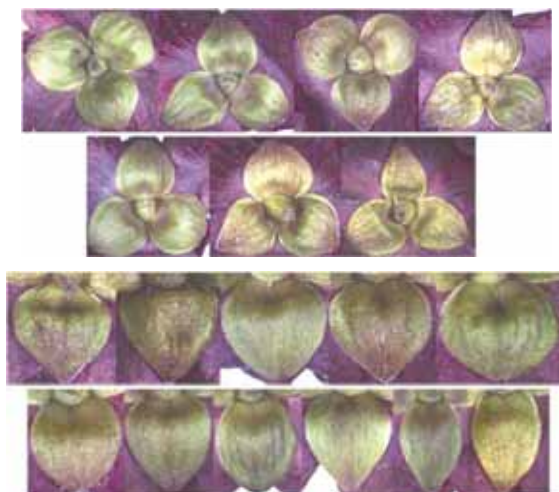


Рис. 4.5. Чашечка та чашолистки *Azimina triloba* (L.) Dunal

Тичинки (150–200 шт.) зібрані у велику золотисту кулю, у верхній частині якої ледь помітні приймочки маточок (від 2 до 12). У квіток азиміни дуже виражене явище протогінії – неодночасного дозрівання пиляків і маточки, що значною мірою перешкоджає самозапиленню. Хоча іноді можливе самозапилення в окремих форм рослин при частковому накладенні маточкових та тичинкових фаз квіткування. Вважається, що більшість сортів азиміни самобезплідні (Pomper and Layne, 2008). Рильце дозріває набагато раніше пиляків, період відкриття бутону і вихід назовні маточки з щільно стиснутої групи тичинок і до опадання пелюсток становить 5–17 діб, готовність приймочки до запилення становить 4–6 діб, пиляки пилять 3–4 дні, після чого пелюстки і тичинки опадають. Квітки мають неприємний аромат, що нагадує запах гнилого м'яса. Запилення здійснюється мухами (Wilson and Schemske, 1980) та жуками (Kral, 1960), яких приваблює запах і нектар, що виділяється основами внутрішніх пелюсток; однак ці запилювачі ненадійні (Faegri and van der Pijl, 1971) і часто мають обмежену доступність, що призводить до низького врожаю плодів як у диких насадженнях, так і в культивуванні (Pomper and Layne, 2008). Наприклад, Він Діннсен вішає мертву рибу, спійману в його водоймі в саду, щоб залучити мух, які запилюють квітки азиміни. Цей запах приваблює мух.

Однорічні пагони буро-коричневі, гладкі. Листки цілокраї, великі, з загостреною верхівкою, красиві, темно-зелені, довжиною від 12–15 до 35 см, шириною 5–15 см оберненояйцевидної форми. При розтиранні



листки видають характерний запах, як і плоди, які при дозріванні пахнуть завдяки вмісту в них низькомолекулярних метилових та етилових ефірів. Черешок короткий – 0,8–1,2 см.

Початок вегетації азиміни в умовах Києва відзначено набуханням генеративних бруньок у другій-третьій декадах квітня. Квітування почалося до розпускання листків за середньодобової температури – 12–17°C (рис. 4.6, 4.7). У середньоатлантичних штатах і в долині Огайо азиміна зазвичай цвіте відразу після піку квітування *Cornus florida* L. (Kral, 1960; Layne, 1996).



Рис. 4.6. Квітування *Azimina triloba* (L.) Dunal



Рис. 4.7. Початок розпускання листків *Azimina triloba* (L.) Dunal

Тривалість квітування і зав'язування плодів залежить від погодних умов та активності комах, які запилюють цю культуру (рис. 4.8). У квітці першою розвивається маточка, а пилок ще не сформований, то перші квіткі не запилюються і опадають. Одна квітка цвіте 4–6 діб (рис. 4.9).

За теплої сонячної погоди квітування в середньому триває 15–20 діб, комахи дуже активні і відсоток зав'язування плодів високий – 80–90. За похмурої погоди тривалість квітування скорочується і становить 12–16 діб, активність комах зменшується і це впливає на запилення, за таких умов зав'язування плодів становить лише 60–70 %. На тривалість квітування і

зав'язування плодів також впливає вологість ґрунту. За її дефіциту ці показники також зменшуються.



Рис. 4.8. Динаміка розвитку квітки *Azimina triloba* (L.) Dunal

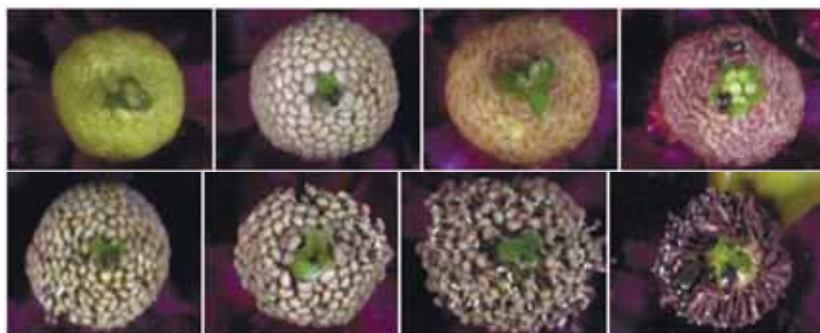


Рис. 4.9. Динаміка розвитку тичинок квітки *Azimina triloba* (L.) Dunal

Проведені дослідження репродуктивної здатності *Asimina triloba* при вільному і штучному запиленнях, результати досліджень відображено у таблиці (табл. 4.1, 4.2, рис. 4.10).

Таблиця 4.1

**Репродуктивна здатність *Azimina triloba* (L.) Dunal за вільного запилення**

Форма	№ гілки	Кількість, шт			
		бруньки	бутони	квітки	зав'язь (грона)
Форма 1	1	50	38	29	25
	2	40	33	31	28
	3	44	36	34	30
Форма 2	1	35	28	22	19
	2	25	19	19	14
	3	34	27	23	18
Форма 3	1	56	48	46	29
	2	36	26	24	15
	3	48	43	38	24
Форма 4	1	18	16	14	9
	2	25	21	19	15
	3	21	18	15	11

Таблиця 4.2

Репродуктивна здатність *Asimina triloba* (L.) Dunal за штучного запилення

Форма	№ гілки	Кількість, шт	
		запилено квіток	зав'язь (грона)
Форма 1	1	18	18
	2	14	14
	3	16	15
Форма 2	1	8	8
	2	5	5
	3	13	11
Форма 3	1	10	10
	2	11	11
	3	13	13
Форма 4	1	9	9
	2	5	5
	3	11	11

Рис. 4.10. Штучне запилення *Asimina triloba* (L.) Dunal

У результаті дослідів відмічено, що репродуктивна здатність *Asimina triloba* за штучного запилення вища, ніж за вільного. Зав'язування плодів за штучного запилення становило від 85 до 100 %, а за вільного – від 48 до 68 %.

Велике значення на формування врожаю азиміни має період після зав'язування плодів. Саме тоді відбувається значне опадання зав'язі – на початку червня під час активного зростання зав'язі. У суху спекотну погоду іноді опадає зав'язь і у серпні.

Визначено біометричні показники морфологічних ознак вегетативних органів і квіток *Asimina triloba* з метою встановлення діапазону варіабельності для оцінки відселектованих і відбору нових перспективних форм (табл. 4.3, рис. 4.11).

Таблиця 4.3

Морфометричні показники квіток *Azimina triloba* (L.) Dunal

Форма	Статистичні показники				
	min	max	$\bar{x}$	$S_x$	V%
1	2	3	4	5	6
<b>Довжина квітконіжки</b>					
AZ-01	10,7	21,82	14,77	3,24	21,99
AZ-02	10,54	27,87	15,74	4,55	28,94
AZ-03	17,05	19,76	18,14	1,06	5,85
AZ-04	12,35	16,86	14,55	1,60	11,01
AZ-05	14,23	18,19	16,48	1,99	12,07
AZ-06	16,11	18,71	17,51	0,92	5,30
AZ-07	17,62	22,67	19,70	2,01	10,21
AZ-08	15,05	22,11	18,77	2,36	12,57
AZ-09	13,11	15,68	14,85	0,87	5,89
AZ-10	14,26	19,38	15,92	1,70	10,71
AZ-11	15,29	16,58	16,14	0,58	3,62
<b>Товщина квітконіжки</b>					
AZ-01	1,03	1,66	1,42	0,20	14,01
AZ-02	1,42	1,80	1,66	0,15	9,10
AZ-03	1,58	1,92	1,75	0,14	8,08
AZ-04	1,81	2,16	2,00	0,12	6,40
AZ-05	1,61	2,04	1,87	0,20	10,68
AZ-06	1,49	1,95	1,65	0,16	10,22
AZ-07	1,49	1,82	1,63	0,10	6,24
AZ-08	1,38	1,73	1,55	0,10	6,84
AZ-09	1,59	2,01	1,71	0,13	7,68
AZ-10	1,61	1,88	1,74	0,10	5,88
AZ-11	1,50	1,80	1,68	0,13	8,24
<b>Довжина чашолистика</b>					
AZ-01	8,57	13,36	10,28	1,30	12,73
AZ-02	11,60	17,64	14,80	2,14	14,49
AZ-03	12,19	14,00	12,96	0,71	5,54
AZ-04	10,87	13,49	11,66	0,97	8,32
AZ-05	11,85	13,93	12,67	0,88	6,97
AZ-06	9,11	11,53	10,34	0,83	8,04
AZ-07	10,55	12,77	11,54	0,71	6,20
AZ-08	10,62	13,73	12,13	1,11	9,18
AZ-09	9,88	11,80	10,79	0,63	5,86
AZ-10	9,37	11,71	11,08	0,77	7,02
AZ-11	11,49	15,58	13,03	1,81	13,96
<b>Ширина чашолистика</b>					
AZ-01	7,86	12,05	9,54	1,07	11,29
AZ-02	9,71	11,49	10,41	0,81	7,85
AZ-03	9,63	11,13	10,63	0,61	5,79

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6
AZ-04	8,99	11,59	10,43	0,96	9,26
AZ-05	9,95	10,83	10,41	0,36	3,46
AZ-06	8,01	10,44	9,15	1,00	10,99
AZ-07	9,53	10,43	10,03	0,36	3,65
AZ-08	10,08	11,8	10,9	0,66	6,12
AZ-09	7,41	11,67	9,17	1,38	15,05
AZ-10	9,81	11,16	10,26	0,40	3,93
AZ-11	9,04	11,57	9,98	1,17	11,81
<b>Довжина пелюстки зовнішнього кола</b>					
AZ-01	22,44	31,17	26,74	3,72	13,91
AZ-02	22,83	34,89	28,88	4,37	15,15
AZ-03	25,32	27,69	26,55	0,99	3,75
AZ-04	22,45	24,35	23,27	0,65	2,80
AZ-05	22,48	26,63	24,59	2,06	8,41
AZ-06	22,62	25,07	23,76	0,88	3,71
AZ-07	23,2	26,17	24,50	1,31	5,38
AZ-08	21,67	28,04	25,80	1,97	7,65
AZ-09	23,60	27,81	25,75	1,50	5,82
AZ-10	23,70	29,11	27,38	1,99	7,28
AZ-11	23,60	26,01	25,08	1,04	4,18
<b>Ширина пелюстки зовнішнього кола</b>					
AZ-01	19,15	26,8	22,91	3,19	13,93
AZ-02	19,13	25,07	22,77	2,20	9,66
AZ-03	26,38	27,31	27,03	0,37	1,37
AZ-04	17,81	20,87	19,95	1,08	5,45
AZ-05	21,24	22,15	21,66	0,44	2,05
AZ-06	20,58	25,23	22,74	1,52	6,70
AZ-07	21,11	24,43	23,13	1,31	5,67
AZ-08	20,81	27,13	23,12	2,22	9,61
AZ-09	12,77	24,66	22,00	3,68	16,76
AZ-10	22,45	25,99	24,93	1,30	5,24
AZ-11	17,84	22,64	20,34	1,96	9,66
<b>Довжина пелюстки внутрішнього кола</b>					
AZ-01	15,91	24,13	18,92	2,88	15,26
AZ-02	18,68	25,65	22,46	2,95	13,14
AZ-03	18,17	19,64	18,78	0,55	2,95
AZ-04	15,74	17,36	16,46	0,60	3,67
AZ-05	16,18	17,30	16,76	0,53	3,19
AZ-06	17,84	19,82	18,96	0,86	4,56
AZ-07	16,01	18,38	16,85	0,92	5,46
AZ-08	16,74	20,39	18,64	1,32	7,09
AZ-09	16,07	19,55	18,45	1,21	6,56
AZ-10	17,83	20,76	18,91	0,97	5,17

1	2	3	4	5	6
AZ-11	17,83	19,45	18,84	0,70	3,72
<b>Ширина пелюстки внутрішнього кола</b>					
AZ-01	12,82	15,89	14,44	1,19	8,26
AZ-02	12,58	15,06	14,02	1,21	8,69
AZ-03	14,27	17,24	15,86	1,24	7,83
AZ-04	12,74	14,31	13,40	0,62	4,63
AZ-05	12,12	14,06	12,97	0,89	6,92
AZ-06	14,76	15,73	15,10	0,40	2,65
AZ-07	12,40	14,73	13,75	0,71	5,21
AZ-08	12,86	15,54	14,00	0,96	6,89
AZ-09	10,88	15,64	13,35	1,50	11,25
AZ-10	13,61	15,29	14,25	0,68	4,77
AZ-11	11,99	13,03	12,53	0,52	4,20

Примітка: min – мінімальне значення; max – максимальне значення;  $\bar{x}$  – середнє значення;  $S_x$  – стандартне відхилення;  $V\%$  – коефіцієнт варіабельності.

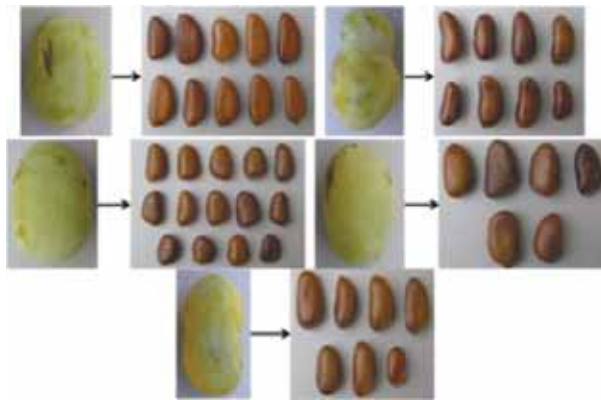


Рис. 4.11. Морфологічне різноманіття плодів та насіння різних форм *Azimina triloba* (L.) Dunal

Середня маса плоду досліджених генотипів – від 92,03 до 157,15 г, висота – від 79,03 до 108,15 мм, діаметр – від 44,80 до 54,77 мм (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Морфометричні показники плодів перспективних форм *Azimina triloba* (L.) Dunal**

Ознака	Статистичні показники	AZ-01	AZ-02	AZ-03	AZ-04	AZ-05	AZ-06
1	2	3	4	5	6	7	8
Маса супліддя	min	147,6	257,3	338,40	275,7	764,9	706,5
	max	345,3	329,5	495,0	608,1	1001,7	825,8
	$\bar{x}$	262,22	291,97	386,75	418,93	845,56	747,73

Продовження табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8
	$S_{\bar{x}}$	72,50	24,42	59,25	170,89	135,24	67,64
	$V\%$	27,65	8,36	15,32	40,79	15,99	9,04
Маса плоду	min	73,8	66,1	39,40	55,5	101,3	110,7
	max	126,1	119,1	204,9	182,3	238,7	180,1
	$\bar{x}$	100,87	92,03	128,79	113,97	157,15	148,98
	$S_{\bar{x}}$	18,83	14,02	40,18	26,55	47,21	21,76
	$V\%$	18,67	15,23	31,19	23,29	30,04	14,61
К-сть плодів	min	2	3	2	2	4	3
	max	4	5	5	5	6	6
	$\bar{x}$	2,8	3,57	3,38	3,33	4,66	4,62
	$S_{\bar{x}}$	0,63	0,78	0,76	1,52	1,15	0,91
	$V\%$	22,58	22,03	22,68	45,82	24,74	19,80
Висота плоду	min	66,62	67,8	49,25	70,95	64,48	88,47
	max	94,44	91,14	105,02	112,21	135,05	116,61
	$\bar{x}$	79,03	80,77	84,13	99,92	108,15	103,06
	$S_{\bar{x}}$	8,80	7,62	14,89	10,82	19,10	8,20
	$V\%$	11,14	9,44	17,70	10,83	17,66	7,96
Діаметр плоду	min	42,87	37,55	39,78	40,23	40,98	45,61
	max	59,61	49,69	63,8	53,98	58,97	59,16
	$\bar{x}$	50,92	44,8	52,92	47,75	50,28	54,77
	$S_{\bar{x}}$	5,68	3,07	5,46	3,69	5,37	3,75
	$V\%$	11,17	6,86	10,32	7,74	10,67	6,85
К-сть насінин	min	7	8	7	5	12	9
	max	13	12	10	12	16	14
	$\bar{x}$	10	9,81	8,8	8,61	13,75	11
	$S_{\bar{x}}$	1,82	1,32	1,64	2,21	1,70	1,58
	$V\%$	18,25	13,52	18,67	25,75	12,42	14,37
Маса насінини	min	0,5	0,6	0,7	0,9	0,7	1,2
	max	1,4	1,8	1,1	1,3	1,4	1,5
	$\bar{x}$	1,07	1,21	0,9	1,17	1,13	1,34
	$S_{\bar{x}}$	0,26	0,22	0,13	0,12	0,19	0,09
	$V\%$	25,06	18,63	14,69	10,79	17,48	7,01
Висота насінини	min	17,63	17,2	21,02	17,1	19,5	20,79
	max	27,85	26,59	28,21	24,5	28,8	28,71
	$\bar{x}$	23,70	23,48	25,61	20,50	25,58	25,94
	$S_{\bar{x}}$	3,43	2,50	2,22	2,08	2,26	2,65
	$V\%$	14,48	10,68	8,66	10,17	8,87	10,23
Ширина насінини	min	8,39	11,95	10,86	11,39	11,5	11,87
	max	11,94	14,84	12,43	15,41	15,28	16,46
	$\bar{x}$	10,72	13,09	11,68	13,76	13,16	14,72
	$S_{\bar{x}}$	1,17	0,80	0,51	0,96	0,92	1,15
	$V\%$	10,91	6,14	4,42	7,00	7,06	7,83
Товщина насінини	min	4,7	5,6	5,77	6,6	5,54	5,92
	max	7,13	7,56	7,23	9,15	8,54	8,75

1	2	3	4	5	6	7	8
	$\bar{x}$	6,03	6,72	6,53	7,74	6,75	6,94
	$S_{\bar{x}}$	0,80	0,51	0,43	0,67	0,75	0,88
	V%	13,39	7,69	6,59	8,65	11,11	12,69

Виділено за показниками морфологічних ознак кілька перспективних форм.

**Біохімічна характеристика.** *Asimina triloba* належить до рослин, які є джерелом полісахаридів, вільних амінокислот, мінеральних сполук, флавоноїдів тощо. Плоди *Asimina triloba* багаті поживними компонентами, такими як вітаміни та мінерали (Templeton et al., 2003; Pomper and Layne 2005), хороше джерело калію (3000–3800 мг/кг<sup>-1</sup>) та кількох незамінних амінокислот (середнє значення : 40 мг/кг<sup>-1</sup> білка), вони містять значну кількість рибофлавіну (0,06–0,15 мг/кг<sup>-1</sup>), ніацину (10–12 мг/кг<sup>-1</sup>), кальцію (500–800 мг/кг<sup>-1</sup>), фосфору (400–500 мг/кг<sup>-1</sup>) і цинку (10–12 мг/кг<sup>-1</sup>) (Galli et al., 2007), високий вміст поліфенолів (Harris and Brannan, 2009; Brannan et al., 2014).

Біологічно активні сполуки містяться не тільки в плодах, а й у різних частинах рослини: коренях, корі, гілках, листі, квітах і насінні (Hui et al., 1989; Zhao et al., 1992, 1993, 1994; Alali et al., 1999; Goodrich et al., 2006; Cuendet et al., 2008; Farag, 2009; Pande and Akoh, 2010). Коріння, гілки, квіти та насіння азиміни містять ацетогеніни, які є сильними інгібіторами ракових клітин (Ratnayake et al., 1992; McLaughlin and Hui, 1993; Woo et al., 1995; Ko et al., 2011; Sica, 2016). Дослідження Джеррі Маклафліна (Jerry McLaughlin) в Університеті Пердью (усне повідомлення) передбачає, що потенційно прибуткова галузь, заснована просто на виробництві рослинної біомаси, могла б використовуватися для протипухлинних ліків і природних (ботанічних) пестицидів (Layne, 1996). Ефірне масло листя азиміни має сильну активність щодо ліній ракових клітин (Alali et al., 1999; Farag, 2009).

У співпраці зі Словацьким аграрним університетом у Нітрі досліджено біохімічний склад вегетативних та генеративних органів азиміни трилопатевої (табл. 4.5).

Вміст сухої речовини становить від 87,07 (м'якоть) до 96,73 (насіння)%. Вміст білків – від 3,64 (м'якоть) до 13,24 (насіння) %. Найбільший вміст жирів відмічено в насінні – 34,00–34,55 %.

Як відомо, для господарського використання важливим є не лише кількість білків, а їх якість.

До складу білків входять 20 амінокислот. Якість білків оцінюється за вмістом незамінних амінокислот, таких як гістидин, ізолейцин, лейцин, лізин, фенілаланін, треонін, тірозин, валін, триптофан, метіонін. Рослини азиміни відрізнялись якісним та кількісним вмістом амінокислот у різних органах (табл. 4.6).



Таблиця 4.5

**Біохімічний склад вегетативних та генеративних органів  
*Azimina triloba* (L.) Dunal**

Компонент	Листки		Насіння		М'якоть	Шкірка
	AZ-1	AZ-2	AZ-1	AZ-2	AZ-1	AZ-1
Суха речовина, %	91,54	92,22	96,73	94,22	87,07	84,12
Білки, %	11,32	12,74	11,82	13,24	3,64	3,98
Попіл, %	10,11	8,73	1,47	1,67	4,27	4,04
Жири, %	7,48	6,53	34,00	34,55	1,12	3,89
Бета-каротин, мг/кг	137,8	194,3	3,5	4,8	6,6	12,0
Насичені жирні кислоти, г/100 г жиру	32,50	35,0	12,90	8,90	30,50	25,70
Мононенасичені жирні кислоти, г/100 г жиру	18,00	7,8	42,60	32,10	28,00	24,90
Поліненасичені жирні кислоти, г/100 г жиру	36,50	45,1	39,60	46,60	18,20	23,70

Таблиця 4.6

**Якісний та кількісний склад амінокислот у різних органах рослин *Azimina triloba* (L.) Dunal, г/кг**

Амінокислота	Листки		Насіння		М'якоть	Шкірка
	AZ-1	AZ-2	AZ-1	AZ-2	AZ-1	AZ-1
Замінні амінокислоти						
Аланін	7,2	4,8	4,1	8,5	2,6	1,9
Аргінін	5,2	6,2	10,5	12,8	0,7	0,7
Гліцин	7,7	6,0	6,2	10,4	1,2	1,3
Глутамінова	14,9	14,3	19,2	32,8	2,3	2,6
Аспарагінова	11,3	11,6	11,7	16,3	1,9	2,2
Пролін	5,3	8,9	7,9	6,9	1,7	1,7
Серин	<0,2	4,2	3,7	<0,2	<0,2	<0,2
Цистеїн	1,6	2,3	3,6	2,5	0,4	0,6
Незамінні амінокислоти						
Гістидин	3,1	3,6	3,6	4,8	2,2	1,3
Ізолейцин	3,6	5,2	5,0	5,5	0,7	0,8
Лейцин	10,4	9,2	8,5	12,7	1,5	1,6
Лізін	6,8	6,7	6,0	7,6	1,0	1,0
Фенілаланін	5,9	7,4	4,6	6,0	1,0	1,0
Треонін	<0,2	4,4	3,5	1,0	<0,2	<0,2
Тірозин	4,6	3,2	3,0	4,1	1,4	1,3
Валін	7,5	6,9	6,6	9,3	1,4	1,5
Триптофан	2,4	2,3	1,2	1,1	0,4	0,5
Метіонін	2,4	2,7	2,0	2,1	0,3	0,5

Порівняльний аналіз показав, що найбільший вміст амінокислот спостерігається у насінні (рис. 4.12). Найбільше накопичувались глютамінова та аспарагінова кислоти.

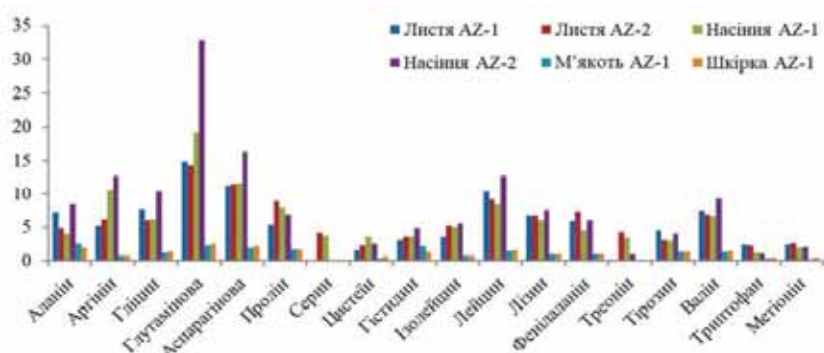


Рис. 4.12. Вміст амінокислот у різних органах рослин *Azimina triloba* (L.) Dunal, г/кг

Дослідили вміст мінеральних речовин у різних органах рослин азиміни трилопатевої, які накопичують значну кількість деяких макро- і мікроелементів (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

Вміст хімічних елементів у різних органах *Azimina triloba* (L.) Dunal, мг/кг

Компонент	Листки		Насіння		М'якоть	Шкірка
	AZ-1	AZ-2	AZ-1	AZ-2	AZ-1	AZ-1
P	3558	2964	1937	2239	1046	831
K	9249	14000	3888	3805	12198	15487
Ca	28035	17440	1368	810	450	837
S	2984	3115	1322	1238	499	646
Fe	37	31	26	28	25	31
Mn	10,2	12,6	7,1	6,6	1,1	1,5
Mg	3146	3207	1021	1020	396	573
Na	3	10	8	6	5	11
Al	12,6	16,8	1,1	1,6	4,4	3,7
Cr	0,65	0,43	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cu	9	9	14	13	5	4
Zn	20	22	17	14	3	3
Se	1,18	<0,2	0,25	0,26	<0,2	<0,2
As	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Cd	<0,01	0,035	0,050	<0,01	<0,01	<0,01
Ni	0,41	<0,2	0,74	0,67	<0,2	<0,2
Hg	0,038	0,015	0,009	0,007	0,007	0,006
Pb	0,19	0,32	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Найбільш багатими хімічними елементами є листки азиміни трилопатевої.

Також було досліджено біологічно активні речовини плодів перспективних генотипів. Досліджені плоди азиміни значно відрізнялися за антиоксидантними властивостями.

Антиоксидантна активність ( $\mu\text{mol Trolox/g}$ ) плодів азиміни, визначена методом DPPH, варіювала від 2,84 до 7,04, фосфомолібденовим методом – від 97,25 до 275,41 (рис. 4.13, 4.14).

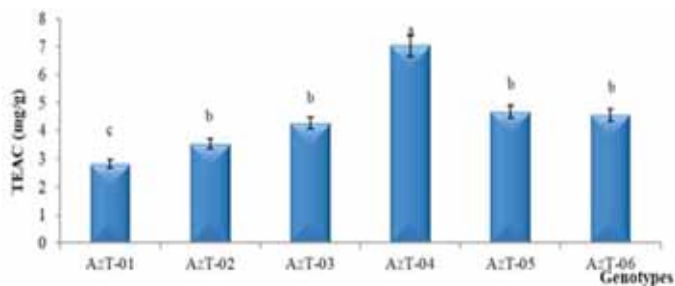


Рис. 4.13. Антиоксидантна активність плодів перспективних генотипів *Azimina triloba* (L.) Dunal, дослідженої DPPH методом. Різні надписи в кожному стовпчику вказують на значні відмінності в середньому при  $P < 0,05$  (мг ТЕ/г)

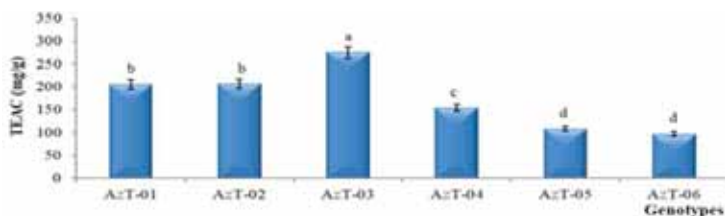


Рис. 4.14. Антиоксидантна активність плодів перспективних генотипів *Azimina triloba* (L.) Dunal, дослідженої фосфомолібденовим методом. Різні надписи в кожному стовпчику вказують на значні відмінності в середньому при  $P < 0,05$  (мг ТЕ/г)

Антиоксидантна активність фенольних сполук пояснюється тим, що вони зв'язують іони важких металів у стійкі малоактивні комплекси, а також слугують акцепторами, утвореними під час аутоокисації вільних радикалів. Результати загального вмісту поліфенолів, флавоноїдів та фенольних сполук показали, що плоди *Azimina triloba* містять їх від 22,13 до 37,36  $\text{mg GAE}\cdot\text{g}^{-1}$ , від 15,10 до 32,02  $\text{mg QE}\cdot\text{g}^{-1}$ , від 25,16 до 32,02  $\text{mg CAE}\cdot\text{g}^{-1}$  відповідно (рис. 4.15–4.17).

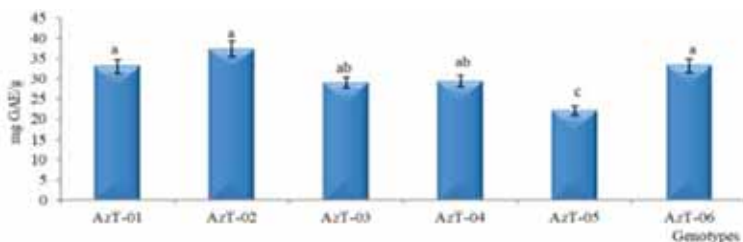


Рис. 4.15. Загальний вміст поліфенолів у плодах перспективних генотипів *Azimina triloba* (L.) Dunal. Різні надписи в кожному стовпчику вказують на значні відмінності в середньому при  $P < 0,05$

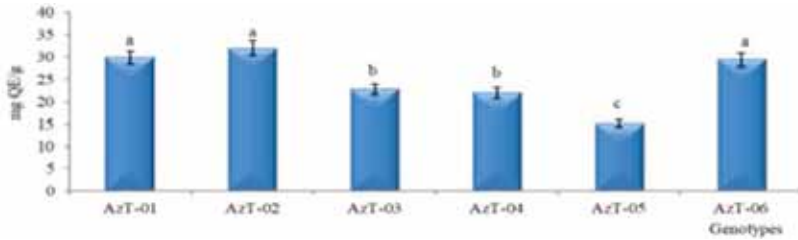


Рис. 4.16. Загальний вміст флавоноїдів у плодах перспективних генотипів *Azimina triloba* (L.) Dunal. Різні надписи в кожному стовпчику вказують на значні відмінності в середньому при  $P < 0,05$

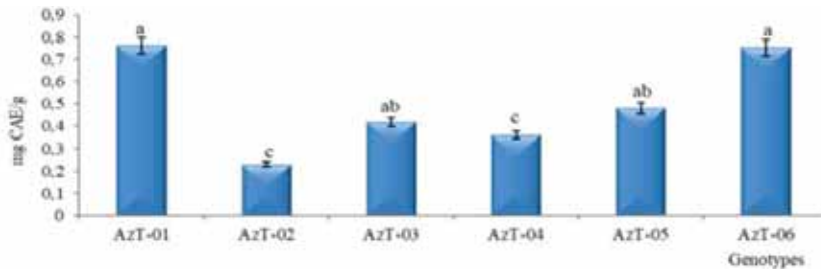


Рис. 4.17. Загальний вміст фенольних сполук у плодах перспективних генотипів *Azimina triloba* (L.) Dunal. Різні надписи в кожному стовпчику вказують на значні відмінності в середньому при  $P < 0,05$

Досліджено вміст флавонолів, катехинів та антоціанів у плодах деяких форм *Asimina triloba* Adans (AT-04, AT-07, AT-08 та AT-10) на різних стадіях достигання (рис. 4.18–4.20). Дослід було розпочато 2 серпня 2018 р. і завершено 28 серпня 2018 р. Кількість відбору зразків – 2 (початок достигання плодів, масове достигання плодів).

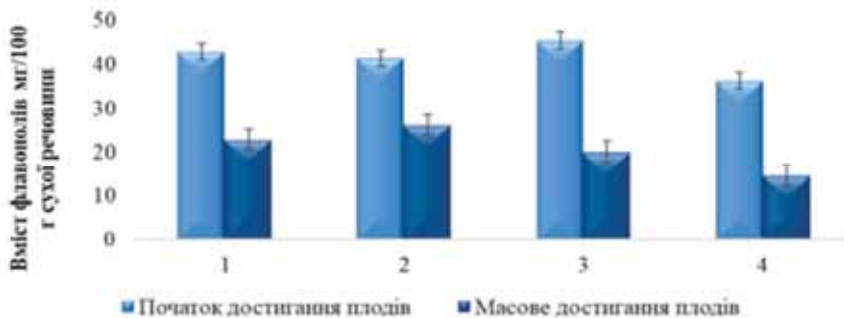


Рис. 4.18. Вміст флавонолів у плодах деяких форм *Azimina triloba* (L.) Dunal на стадіях початку та масового достигання плодів:  
1 – AT-04; 2 – AT-07; 3 – AT-08; 4 – AT-10

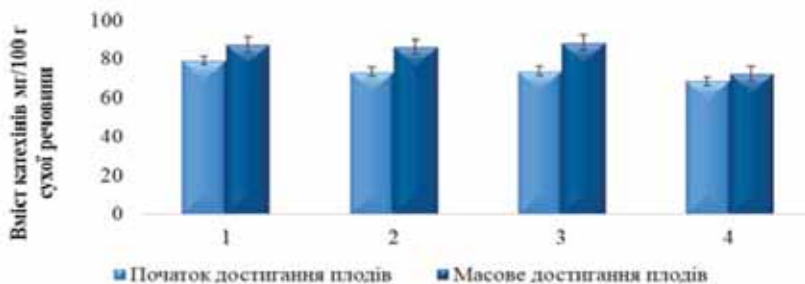


Рис. 4.19. Вміст катехинів у плодах деяких форм *Azimina triloba* (L.) Dunal на стадіях початку та масового дозрівання плодів:  
1 – АТ-04; 2 – АТ-07; 3 – АТ-08; 4 – АТ-10

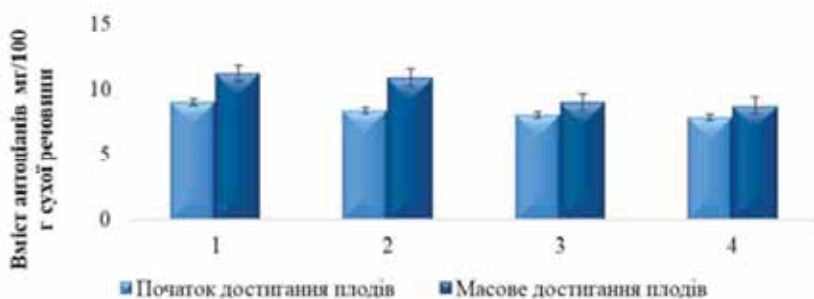


Рис. 4.20. Вміст антоціанів у плодах деяких форм *Azimina triloba* (L.) Dunal на стадіях початку та масового дозрівання плодів:  
1 – форма № 4; 2 – форма № 7; 3 – форма № 8; форма № 10

Встановлено, що за масового дозрівання плодів *Asimina triloba* містить флавонолів 15–26 мг/100 г сухої речовини, катехинів 73–89 мг/100 г сухої речовини, антоціанів 9–11 мг/100 г сухої речовини.

Якщо порівняти вміст вищезгаданих біологічно-активних сполук на стадіях початку та масового дозрівання плодів, то тут спостерігається така тенденція: вміст флавонолів зменшується в середньому на 50 %, вміст катехинів збільшується в середньому на 14 %, вміст антоціанів підвищується в середньому на 20 %.

Таким чином, плоди азиміни містять цінні біологічно активні речовини і рослина є перспективною лікарською сировиною.

Нами було досліджено локалізацію гідроксикоричних кислот (ГКК) в листках азиміни.

Гідроксикоричні кислоти мають високу біологічну активність, зокрема хлорогенова кислота уповільнює вивільнення глюкози в кров після прийому їжі і пригнічує глюкозу-6-фосфатазу, зменшуючи печінковий глікогеноліз, сприяє збільшенню рівня глюкагонподібного пептиду-1 (GLP-1), який відіграє превентивну роль в розвитку діабету. Результати мікрохімічних реакцій, в результаті яких ідентифіковані гідроксикоричні кислоти в листках азиміни, наведені на рисунках 4.21–4.26.

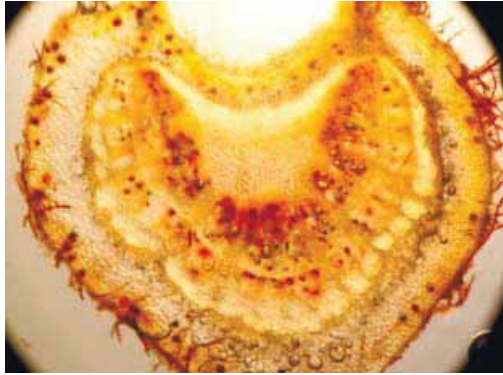


Рис. 4.21. Результати мікрохімічної реакції на ГКК на поперечному розрізі черешка *Azimina triloba* (L.) Dupal ( $\times 40$ )



Рис. 4.22. Клітина-ідіобласт з ГКК після проведеної мікрохімічної реакції ( $\times 400$ )

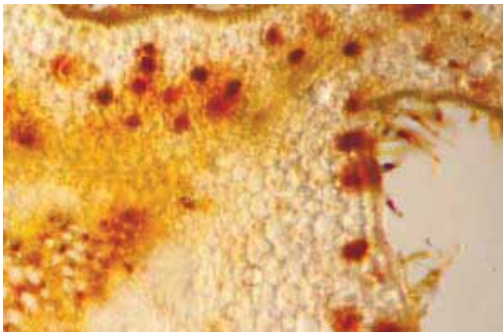


Рис. 4.23. Результати мікрохімічної реакції на ГКК на поперечному розрізі листка *Azimina triloba* (L.) Dupal в зоні центральної жилки ( $\times 100$ )

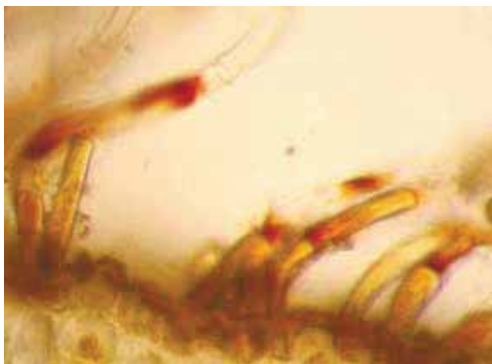


Рис. 4.24. Прості трихоми після проведеної мікрохімічної реакції на ГКК ( $\times 400$ )

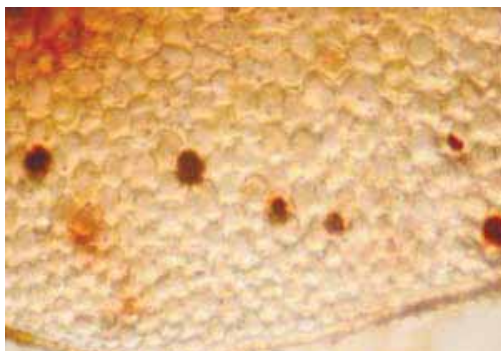


Рис. 4.25. Клітини-ідіобласти з ГКК після проведеної мікрохімічної реакції ( $\times 100$ )

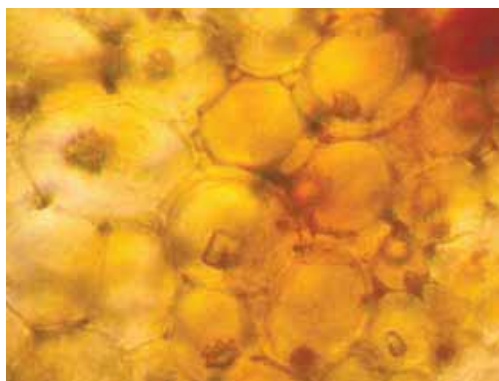


Рис. 4.26. Друзи і призматичні кристали в листках *Azimina triloba* (L.) Dunal ( $\times 400$ )

Таким чином, гідроксикоричні кислоти містяться у клітинах-ідіобластах у зоні ксилеми, флоєми, в паренхімі під покривною тканиною, в клітинах простих трихом листків азиміни. Визначені особливості локалізації гідроксикоричних кислот можуть бути використані для ідентифікації рослинної сировини.

### **Основи культивування рослин. Вегетативне і насінне розмноження.**

Азиміна добре розмножується насінням, яке потребує передпосівної підготовки – стратифікації, що проводиться у 2 етапи: холодна та тепла. Насіння азиміни після видалення з плодів дуже швидко висихає, вже через 5 діб зберігання на відкритому повітрі вміст води в насінні швидко знижується і може призвести до втрати схожості. Тому їх відразу треба покласти в холодильник у паперових пакетах до стратифікації або відразу в субстрат – перліт, тирсу, мох. Найгірший субстрат – пісок, який дуже ущільнюється, погано провітрюється і потребує постійного перемішування, тоді як мох, торф, тирса – добре утримують вологу, не ущільнюються, а отже – добре постачаються киснем. Насіння потребує передпосівної холодної стратифікації (+5 °C) протягом 100–120 діб і наступної – теплої стратифікації протягом 30 діб при температурі 18–20 °C. У насіння азиміни зародок недорозвинений і для його розвитку необхідна тепла стратифікація, протягом якої відбувається дорозвиток зародкового корінця і сім'ядолей, що забезпечує проростання насіння. Добре сходять насіння, посіяне під зиму (вони проходять стратифікацію в природних умовах). Стратифіковане насіння висівається на глибину 2–3 см наприкінці квітня, на початку травня в парник або контейнери. Спочатку у насіння формується корінь, після досягнення ним довжини 14–20 см з'являються сходи без сім'ядолів, вони не виходять на поверхню, із зачатками листків відразу з'являється первинний пагін. Масові сходи з'являються через 2 місяці з моменту сівби при температурі ґрунту 29–32 °C (рис. 4.27). Схожість у правильно збереженого насіння становить 80–85 %.

У віці 2–3 справжніх листків сіянці можна пікірувати в контейнери заввишки 18–20 см, площа поверхні контейнера 100 см<sup>2</sup>, період адаптації після пікірування сіянці проходять у парнику. У травні, коли мине загроза пізніх заморозків, рослини виносямо у відкритий ґрунт. У перший і другий рік сіянці в дуже спекотну погоду необхідно притіняти через надмірне нагрівання листя, що призводить до фотоінгібування або фотоокислення фотосинтетичних пігментів. З віком рослини стійкіші.

Для контейнерів готуємо суміш із землі, перегною і піску у співвідношенні 1:1:1, глибина посіву така ж, як у відкритий ґрунт – 2–3 см, у контейнери висаджуємо, як правило, насіння, що наклонулося. Спочатку сіянці ростуть повільно – першого року вони досягають висоти 10–20 см, мають 6–10 листків з діаметром кореневої шийки 1,5–3,0 см (рис. 4.28). Корінь сіянця стрижневий, добре розвинений – довжина його 15–17 см, загальна маса кореневої системи однорічних сіянців складає 150–170 см і розташована в шарі ґрунту до 20 см, з глибиною кількість корінців зменшується. Азиміна погано переносить пересадку, часто корінці обламуються, тому рослини треба пересаджувати з грудкою, бажано –



відразу на постійне місце. Рослини з контейнерів менше страждають – вони легко перевалюються у підготовлену посадкову яму. У наступні роки сіянці ростуть дуже добре, швидко нарощують вегетативну масу та закладають генеративні бруньки вже на 4–5 рік.



Рис. 4.27. Проросле насіння та сходи *Azimina triloba* (L.) Dunal



Рис. 4.28. Однорічні сіянці *Azimina triloba* (L.) Dunal

Рослини насіннєвого походження зацвітають на 5–6 рік, урожай наростає поступово, щеплені – вже на 2–3 рік при швидшому вступі в плодоношення. Урожай формується на торішніх пагонах і залежить від сили зростання рослини, умов вирощування та більшою мірою від наявності комах-запилювачів та перехресного запилення. Повне масове плодоношення притаманне 10–15-річним рослинам. Урожайність – до 30–40 кг із однієї рослини. Коренева система у азиміни поверхнева, часто слабоборзгалужена, залягає не глибоко – у 5–10-річних рослин – до 50–60 см, у 15–20-річних – до 1,5–1,8 м, бічні корені сягають 5,0–7,0 м від штамбу. Переважна більшість коренів зосереджена на глибині 50,0–70,0 см.

Веgetативне розмноження азиміни нескладне. Воно необхідне для вирощування сортового садивного матеріалу. Найефективніше розмноження окулюванням навесні, під час масового квітування рослин (як правило, в умовах Києва – 5–15 травня), приживлення становить 75–90 %. Для азиміни для окулювання (і щеплення) необхідний ніж з нержавіючої сталі, акуратність і велика швидкість окулювання, оскільки зрізи швидко окислюються (чорніють) на повітрі через високий вміст дубильних речовин. Підщепою служать одно-, дворічні сіянці азиміни власної репродукції. Добре розмножується азиміна відсадками та кореневою порослю, яка утворюється в культурі в невеликих кількостях, у природі – масово. Розмноження азиміни здерев'янілими та зеленими живцями не вдається, зараз випробовуємо цей спосіб розмноження; очевидно, необхідні умови підвищеної вологості та температури, що можна забезпечити в туманотворюючому комплексі.

**Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.).** Рід хеномелес, або японська айва (*Chaenomeles* Lindl.), складається з трьох природних видів та чотирьох гібридних груп (Weber, 1964). Це хеномелес японський (*Ch. japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach), х. прегарний (*Ch. speciosa* (Sweet) Nakai), х. катайський (*Ch. cathayensis* (Hemsl.) C.K. Schneid., х. чудовий (*Ch. × superba* (Frahm) Rehder), х. Кларків (*Ch. × clarkiana* C. Weber, х. Вільморенів (*Ch. × vilmoriniana* C. Weber), х. каліфорнійський (*Ch. × californica* W. Clark ex C. Weber). Усі вони інтродуковані або ресинтезовані в Україні. Відсутній лише хеномелес тибетський (*Ch. thibetica* T.T. Yü). Його опис (Yü, 1963) був невідомий монографу роду *Chaenomeles*. Цей вид дуже наближений до х. катайського (Bartish, 2000) і може бути лише його формою.

Хеномелес вирізняється тривалим квітуванням і широко застосовується в озелененні. Відомо декілька сотень декоративних сортів хеномелеса, які культивують у багатьох країнах (Weber, 1963). Через твердий, кислий м'якуш плоди малоїстівні у свіжому вигляді, тому плодоводи тривалий час не звертали на нього увагу і відповідно не проводили селекційну роботу з добору плодкових сортів.

Уперше вказав на хеномелес як на перспективну плодову культуру засновник Київського акліматизаційного саду М.Ф. Кашенко. Він звернув увагу на значну мінливість плодів і вирішив створити великоплідні сорти,

придатні для вирощування саме заради плодів. Цікаво, що хеномелес у кінці XIX ст. вирощували у розсаднику Л.П. Смирєнка у Городищі (Млієв). Відомий американський вчений С. Weber у своїй монументальній праці, присвяченій сортам хеномелеса, – “Cultivars in the Genus *Chaenomeles*” (Weber, 1963) описує сорт *Simerenkiana* (*Ch. ja ponica*), який було виведено Л.П. Смирєнком у його розсаднику. Рослини мали білі листки і поодинокі червоні квітки. Л.П. Смирєнко культивував цей сорт понад 20 років. Це був сорт хеномелеса виду *Ch. speciosa*. Сорт, на жаль, не зберігся. Восени 1913 р. на прохання М.Ф. Кащенко В.Л. Смирєнко (син Л.П. Смирєнка) привіз до Акліматизаційного саду найбільші плоди хеномелеса із розсадника у Городищі (Клименко, 2003). У результаті було отримано форми з досить великими плодами, тому їх можна було розглядати як рослини одночасно декоративні та плодові (Лук’янов, 1928). Одержані М.Ф. Кащенкою сіянці поклали початок роботі з хеномелесом в Україні. У довоєнні роки на дослідній станції Спиртотресту у Немішаєвому за ініціативи М.Ф. Кащенко було закладено промислові плантації хеномелеса на площі 2 га (Клименко, 2009). Селекційна робота на цьому призупинилася, бо М.Ф. Кащенко у 1935 р. помер, а його співробітники були репресовані. Деякий час Акліматизаційний сад був підпорядкований Інституту ботаніки, а з 1944 р. – Центральному ботанічному саду АН України. У 1975 р. сад ліквідували, а колекцію хеномелеса було перенесено до Центрального республіканського ботанічного саду (Клименко, 1989).

У наступні роки тривали роботи з розширення колекційно-селекційного фонду, який нараховував 200 селекційних форм. Вихідний матеріал залучали з наукових установ країн Європи, Азії та Америки. Добір селекційних форм проводили переважно за врожайністю, великоплідністю, вмістом м’якуша. Окрім цих головних напрямів, селекцію було спрямовано на зменшення розмірів насінної камери, збільшення товщини мезокарпного шару, підвищення ароматичності, поліпшення біохімічних показників, господарсько-цінних ознак – компактність куща, відсутність колючок, легкий відрив плодів. Було відібрано 15 форм для створення плантацій, зокрема 1–7, 2–12, 504. Вони мають плоди масою 50–100 г, з мезокарпієм 10–13 мм товщиною та вмістом м’якуша 89–94 % (Недвіга 1994, 1999).

**Морфологічні особливості.** Генофонд хеномелесу НБС відзначається великою різноманітністю, представлений 3 видами і більше, ніж 50 сортами і гібридами власної та зарубіжної селекції. Головні завдання, за якими проводимо селекційну роботу для введення хеномелеса у промислову культуру: урожайність – виділені форми дають 5–10 кг з куща, а в окремі роки – до 15 кг; крупноплідність – відселектовані форми мають масу плодів 60–98 г, максимальна маса окремих плодів складає 150–180 г. Необхідна подальша робота на зменшення величини насінневої камери та кількості насіння в них, на збільшення товщини мезокарпію, що сприятиме підвищенню виходу плодової м’якоти до 88–90 %. Цінними господарськими ознаками є компактність куща, неколюченість пагонів,

легкий відрив плодів та інші ознаки, що обов'язково включаються в селекційну програму.

Виведено 4 сорти хеномелесу, занесених до Реєстру сортів України, в останні роки відібрано ще кілька форм-сортів, що характеризуються цінними господарськими і біологічними ознаками. Усі вони відібрані серед сіянців від посіву насіння добрих форм від вільного запилення. Для селекції сортів Амфора, Святковий, Ян тощо було залучено матеріал англійської, бельгійської, голландської та французької селекції (Клуменко, Пуїнська, 2021). Сорт Амфора цікавий оригінальною формою плодів з масою до 100 г, сорт Ян має правильної форми плоди жовтого кольору з нижнім рум'янцем, сорт Святковий (гібрид між *Ch. japonica* і *Ch. speciosa*) має красиві білі квітки і перспективний як плодова і декоративна рослина. Колекція хеномелесу у відділі поповнилася сортами видів *C. speciosa* і *C. superba*.

Наводимо морфометричні характеристики генеративних органів сортів хеномелесу зарубіжної та селекції НБС (табл. 4.8–4.10).

Таблиця 4.8

**Мінливість маси плоду хеномелеса**

Сорт	Маса плоду, г			
	min	max	$\bar{x} \pm s_x$	V%
Сорти селекції НБС				
Акліматсадівський	30,0	93,6	67,3±17,1	25,5
Альоша	27,4	97,2	82,1±19,0	23,2
Амфора	24,0	50,8	36,5±7,4	20,3
Караваєвський	24,8	72,2	39,6±14,4	36,5
Святковий	24,6	48	30,8±7,1	23,2
Ян	34,5	49,5	41,9±5,1	12,3
Сорти зарубіжної селекції				
Crimson and Gold	39,1	54,4	46,2±5,2	11,3
Hollandia	32,8	56,1	44,3±8,2	18,5
Golden King	23,3	96,2	53,0±22,8	43,0
Nivalis	40,2	70,8	50,1±9,5	19,0
Simonii	20,1	41,3	29,7±5,9	20,0
Orange Trail	24,1	32,8	28,3±2,59	9,16

Таблиця 4.9

**Мінливість розмірів плоду хеномелеса**

Сорт	Довжина плоду, мм				Діаметр плоду, мм			
	min	max	$\bar{x} \pm s_x$	V%	min	max	$\bar{x} \pm s_x$	V%
Сорти селекції НБС								
Акліматсадівський	44,8	65,0	56,4±4,6	8,2	35,4	53,3	47,3±4,9	10,5
Альоша	51,7	59,0	54,7±1,9	3,6	50,3	56,8	53,8±1,7	3,1
Амфора	51,9	66,6	59,0±4,5	7,7	32,9	47,0	39,6±4,2	10,7
Караваєвський	39,2	53,3	46,3±3,7	8,1	33,8	49,0	41,5±5,0	12,2
Святковий	38,1	57,8	43,7±5,8	13,3	40,7	51,5	45,7±3,2	7,1
Ян	43,4	51,8	47,8±2,5	5,3	31,5	54,8	49,8±6,7	13,4

Сорти зарубіжної селекції								
Crimson and Gold	38,8	46,8	43,2±2,3	5,3	42,4	48,6	45,8±2,0	4,5
Hollandia	38,0	48,7	45,7±3,6	8,0	40,3	48,2	44,9±2,8	6,2
Golden King	36,9	70,9	52,5±8,5	16,2	36,7	60,1	48,0±6,1	12,7
Nivalis	36,5	45,6	42,3±2,8	6,7	41,0	50,1	45,5±2,8	6,3
Simonii	35,1	69,0	43,4±7,1	16,4	33,2	43,9	37,6±2,5	6,8
Orange Trail	38,6	49,6	42,7±3,1	7,32	33,1	76,1	39,0±13,1	33,5

Таблиця 4.10

## Мінливість кількості насінин у одному плоді хеномелеса

Сорт	Кількість насінин в 1 плоді, шт			
	min	max	$\bar{x} \pm s_x$	V%
Сорти селекції НБС				
Акліматсадівський	10	60	41,6±15,5	37,2
Альоша	82	127	109,6±12,9	11,7
Амфора	33	78	55,8±15,2	27,4
Каравасівський	10	49	19,5±11,6	59,9
Святковий	11	67	29,0±12,0	45,4
Ян	33	70	52,0±11,8	22,7
Сорти зарубіжної селекції				
Crimson and Gold	16	80	46,1±18,0	39,0
Hollandia	38	78	60,3±13,2	21,9
Golden King	30	79	21,8±19,8	12,8
Nivalis	12	30	20,5±5,8	28,4
Simonii	8	27	15,7±4,8	30,9
Orange Trail	6	26	13,9±6,1	44,1

У результаті досліджень морфометричних параметрів генеративних органів хеномелесу виявлено поліморфізм і визначено діапазон мінливості ряду морфологічних ознак (рис. 4.29–4.32).

Більшість досліджених ознак, а саме: довжина і діаметр плоду відносно стабільні і менш варіабельні, ніж кількість насіння у плоді; маса плоду має середні значення, у наших сортів – Святковий і Ян мінливість плодів незначна, в той час як в інших вона досить висока.

Кількісні характеристики хеномелеса свідчать про надзвичайно велику внутрішньовидову мінливість і велику можливість аналітичної і синтетичної селекції.

У зв'язку з високою посухостійкістю нового сорту хеномелесу японського сорту Ян селекції НБС було досліджено анатомічну будову листків.

Досліджували свіжу і висушену повітряно-тіньовим способом рослину сировину, з якої приготували фіксований зразок, використовуючи суміш: спирт етиловий 96 % – гліцерин – вода (1:1:1) за загальноприйнятими методиками. Мікроскопічний аналіз проводили за допомогою мікроскопа

марки “Sunny”, використовуючи збільшення в 40, 100 і 400 разів. Фотографування зразків проводили цифровою мікрофотокамерою TREK DCM 220.



Рис. 4.29. Сортове різноманіття квіток *Chaenomeles* spp.

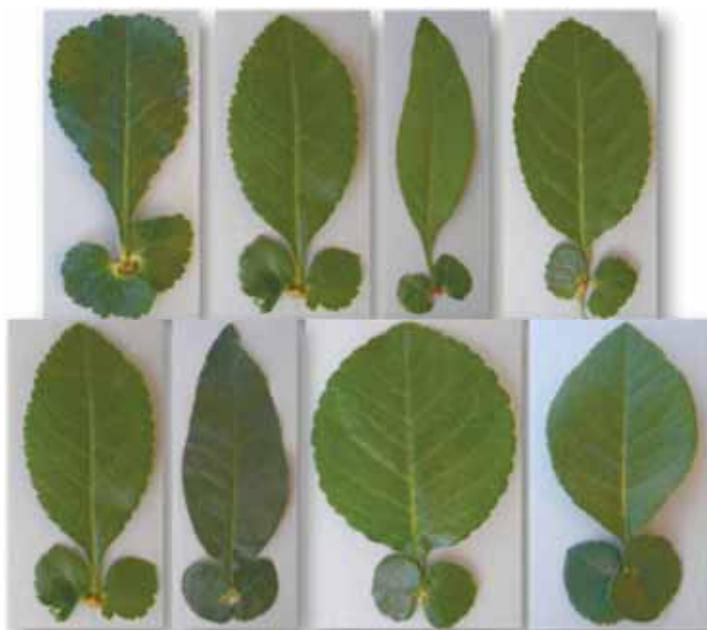


Рис. 4.30. Видове різноманіття листової пластинки *Chaenomeles* spp.

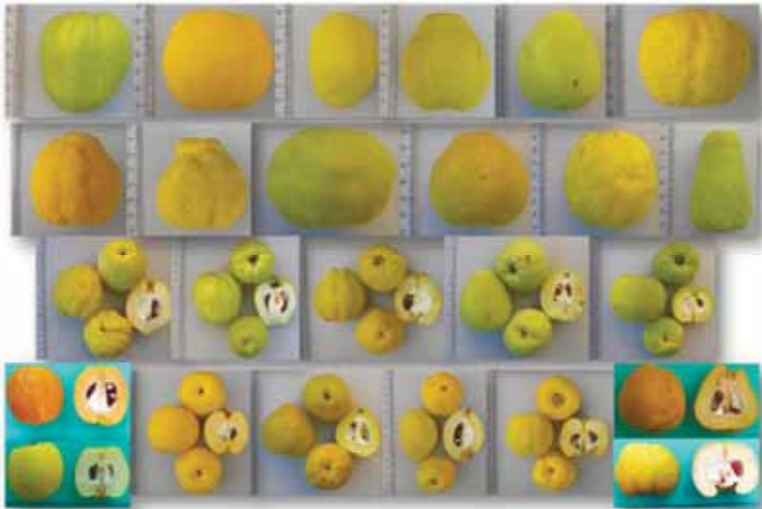


Рис. 4.31. Сортове різноманіття плодів *Chaenomeles* spp.

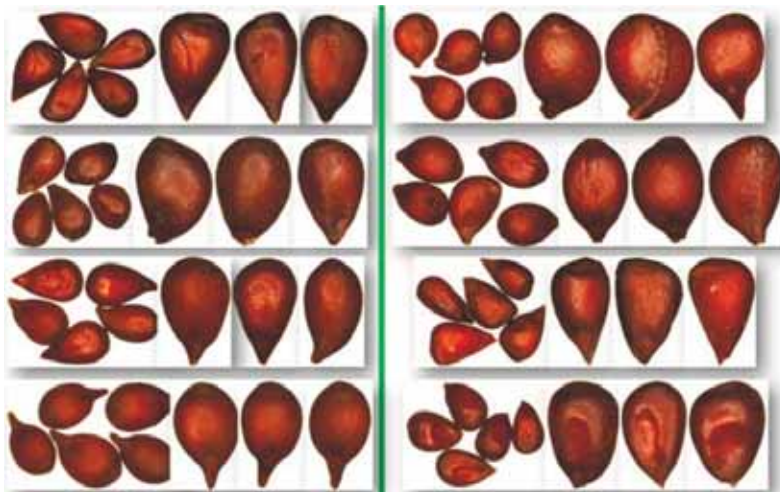
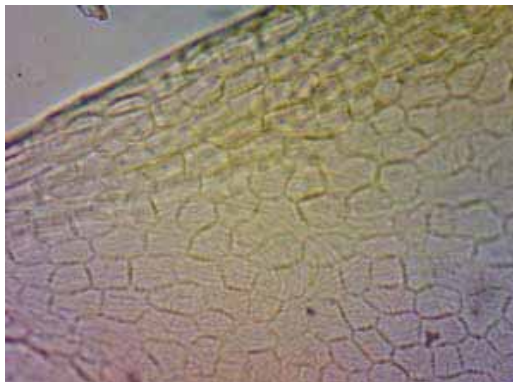


Рис. 4.32. Сортове різноманіття насіння *Chaenomeles* spp.

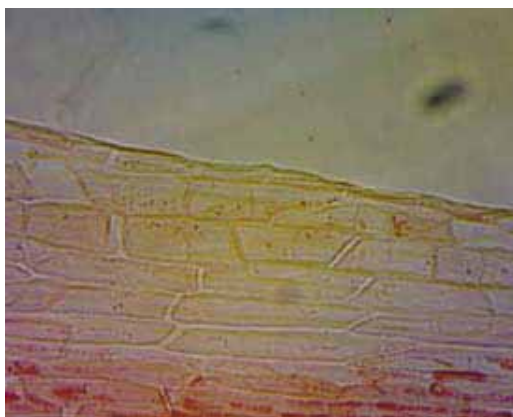
**Морфологічна (макроскопічна) характеристика.** Листки прості, короткочерешкові, шкірясті, голі, мають два прилистки. Форма листової пластинки продовгувато-овальна, основа клиновидно звужена у короткий черешок, верхівка загострена, край листка нерівномірно зубчастий, на кінцях зубчиків темні крапки. Колір зверху темно-зелений, знизу світло-зелений. Довжина листка 4–5 см, ширина 1,5–2 см. Жилкування сітчасте, пірчасто-крайове, яскраво виражена з абаксiального боку листової пластинки центральна жилка світло-жовтого кольору. Прилистки асиметричної округлої форми, край нерівномірно-зубчастий.

*Особливості анатомічної будови листків.* Листкова пластинка дорзовентрального типу будови, гіпостоматична. Верхній епідерміс вкритий сильно вираженою зморшкуватою кутикулою двох типів – поздовжнього і променевого (рис. 4.33).



**Рис. 4.33. Кутикула верхнього епідермісу листка хеномелесу сорту Ян**  
(зб. 1×100)

Клітини верхнього епідермісу прямостінні ізодіаметричної багатокутної форми. По краю листкової пластинки клітини епідермісу прямокутної форми (рис. 4.34).



**Рис. 4.34. Клітини верхнього епідермісу краю листка хеномелесу сорту Ян**  
(зб. 1×100)

Продихи та опушення на адаксіальному боці листка відсутні. Клітини нижнього епідермісу сильнозвивистостінні ізодіаметричної форми. Над жилкою клітини нижнього епідермісу полігональні, мають веретеноподібну форму, їх клітинні стінки вервицеподібно потовщені (рис. 4.35).



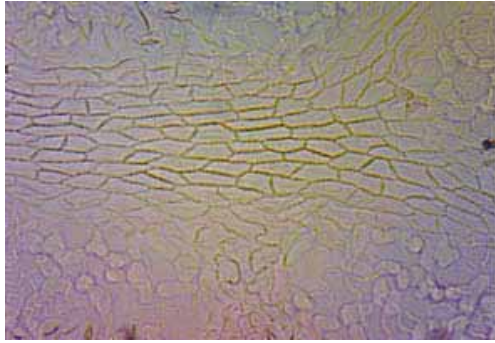


Рис. 4.35. Клітини нижнього епідермісу листка хеномелесу сорту Ян (зб. 1×40)

Багато продихів різного розміру, овальної форми. Замикаючі клітини продихів човникоподібні – внутрішні стінки клітин потовщені, щілина веретеноподібна. Продиховий апарат аномоцитного типу (рис. 4.36).

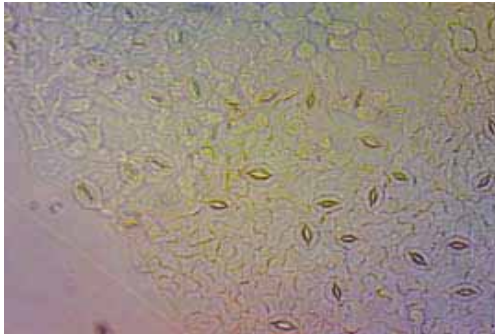


Рис. 4.36. Продиховий апарат листка хеномелесу сорту Ян (зб. 1×40)

Опушення на абаксіальній стороні відсутнє. По краю листової пластинки клітини епідерми формують зубчики-вирости з червоно-бурим вмістом (рис. 4.37).

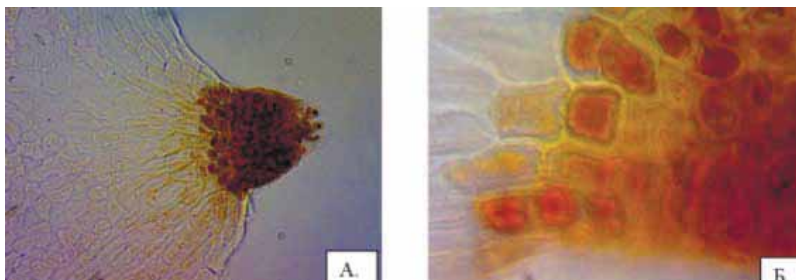


Рис. 4.37. Зубчики по краю листової пластинки хеномелесу сорту Ян із червоно-бурим вмістом (А – зб. 1×100; Б – зб. 1×400)

По жилці листка призматичні кристали оксалату кальцію формують 3–5-рядну кристалоносну обкладку (рис. 4.38).

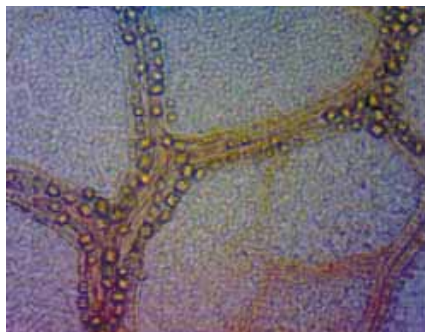


Рис. 4.38. Кристалоносна обкладка по жилці листка хеномелесу сорту Ян (зб. 1×40)

У деяких місцях обкладки трапляються друзи. На абаксiальній стороні листка трапляються поодинокі одноклітинні трихоми, розміщені перпендикулярно до жилки (рис. 4.39).

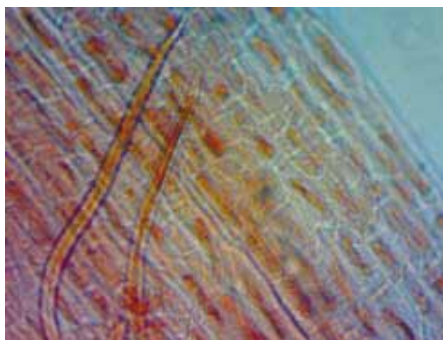


Рис. 4.39. Трихоми листка хеномелесу сорту Ян (зб. 1×100)

Після проведення якісної мікрохімічної реакції на слизи з розчином метиленового синього спостерігали локалізацію слизів за темно-синім забарвленням у клітинах-ідіобластах паренхіми (рис. 4.40 Б, В, Г). Водночас пектинові речовини, які розташовані поміж механічними волокнами флоєми і ксилеми розчином метиленового синього забарвлюються в блакитний колір (рис. 4.40 А, В).

У зоні черешка і центральної жилки листка хеномелесу локалізуються клітини-ідіобласти, наповнені гідроксикоричними кислотами, які при взаємодії з 0.5М розчином кислоти хлористоводневої, розчином 10 г натрію нітриту і 10 г натрію молібдату у 100 мл води (реактив Арнова) і розчином натрію гідроксиду розведеним утворюють червоно-фіолетове забарвлення (рис. 4.41).

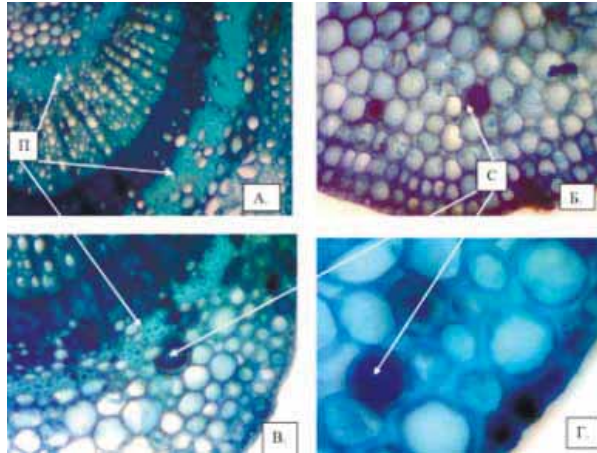


Рис. 4.40. Мікрохімічна реакція на слиз із розчином метиленового синього у листку хеномелеса сорту Ян (А, Б, В – зб. 1×100; Г – зб. 1×400; С – слизи; П – пектин)

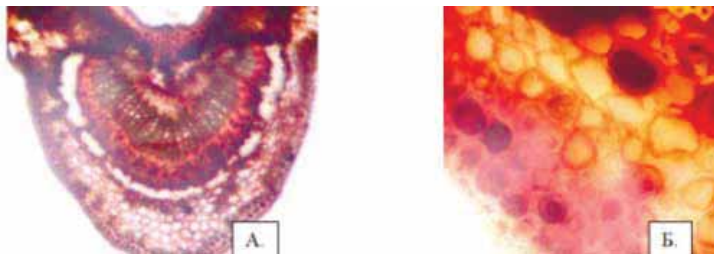


Рис. 4.41. Мікрохімічна реакція на гідроксикоричні кислоти із реактивом Арнова (А – зб. 1×40; Б – зб. 1×400)

Таким чином, визначено анатомічну будову листка хеномелеса, діагностичними ознаками якого є зубчики-вирости з червоно-бурим вмістом по краю листової пластинки, поодинокі одноклітинні трихоми, розміщені лише на абаксіальній стороні листка перпендикулярно до жилки, кристалоносна обкладка жилки. Мікрохімічні реакції підтверджують наявність клітин-ідіобластів, наповнених слизами та гідроксикоричними кислотами. Трихоми відіграють важливу роль у стійкості рослин хеномелеса (зокрема, сорту Ян) до посухи.

**Біохімічна характеристика.** Однією з найцінніших ознак селекційної програми хеномелеса є біохімічний склад плодів, адже він надзвичайно багатий і різноманітний. Плоди хеномелеса мають цінний біохімічний склад, містять значну кількість органічних кислот, пектинових речовин, біологічно активних речовин, що робить їх цінною сировиною для переробки (Джан 2011а,б, 2013; Івченко, 1968; Клименко, 1985, 1990; Klumenko et al., 2010, 2021; Сорта плодовых и ягодных, 2013; Horčínová Sedláčková et al., 2021).

Плоди хеномелесу знайшли широке застосування в східній медицині. Антимікробна активність плодів по відношенню до кишкової палички підтверджена вченими Тайванського університету (Chen et al., 2007). Глікозиди, які містяться в плодах хеномелесу, активно застосовуються при лікуванні ювенільного і колаген-індукованого артрити (Chen and Wei, 2003). Доведена протизапальна та анагетична активність плодів хеномелесу (Li et al., 2009), противірусна (вірус групи А і В) і протипухлинна активність екстрактів плодів хеномелесу (Sawai et al., 2008). Плоди хеномелесу пригнічують тканинний тромбопластин (Golubev et al., 1990), запобігають тромбоутворенню, можуть використовуватись хворими на цукровий діабет II типу в лікувально-профілактичному харчуванні (Sancheti et al., 2009).

Досліджено (спільно з кафедрою фармацевтичної хімії та фармакогнозії Медичного університету Української асоціації народної медицини) якісний склад і кількісний вміст амінокислот та жирнокислотний склад ліпофільних екстрактів листя, квіток, плодів та насіння сортів хеномелесу у зв'язку з лікарським призначенням цих рослин. Досі практично відсутня інформація про хімічний склад листя.

Виявлено, що у листках сортів хеномелесу переважає ізолейцин та лейцин, причому вміст цих двох амінокислот становить від 27 % у листках сорту Ніваліс, до 38 % у листках сортів Святковий та Ян, причому в листі останнього сорту вміст ізолейцину сягає 21 % (рис. 4.42).

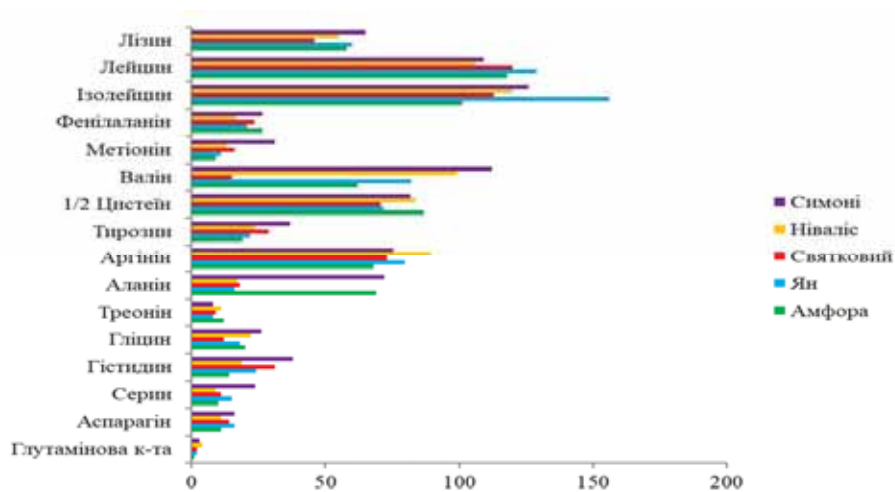


Рис. 4.42. Вміст амінокислот у листках хеномелесу, мг/100 г абсолютно сухої сировини

У квітках сортів хеномелесу переважає лізин (201,03–216,96 мг/100 г абсолютно сухої сировини), ізолейцин (117,95–138,94 мг/100 г абсолютно сухої сировини), валін (105,04–164,17 мг/100 г абсолютно сухої сировини), лейцин (102,99–133,96 мг/100 г абсолютно сухої сировини), фенілаланін (86,61–119,93 мг/100 г абсолютно сухої сировини) (рис. 4.43).

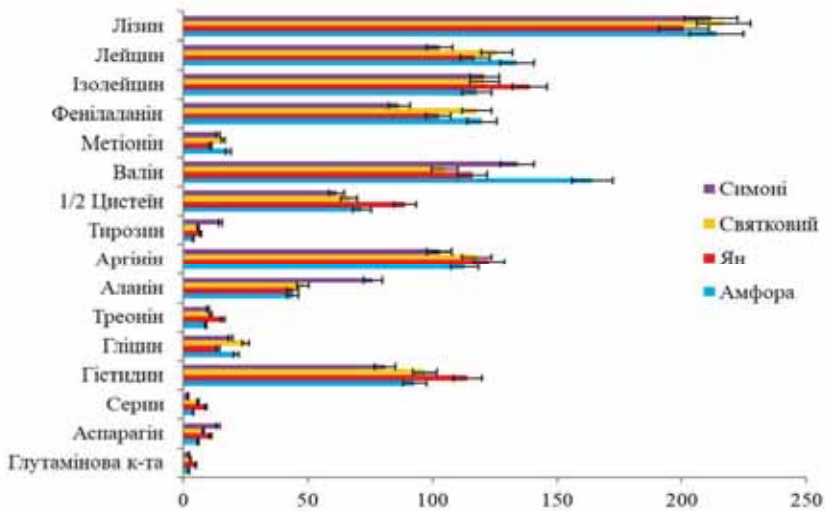


Рис. 4.43. Вміст амінокислот в квітках хеномелесу, мг/100г абсолютно сухої сировини

У плодах сортів хеномелесу переважає глютамінова кислота, особливо у сорту Амфора – 60,1 та у сорту Ян – 45,4 мг/100 г абсолютно сухої сировини (рис. 4.44).

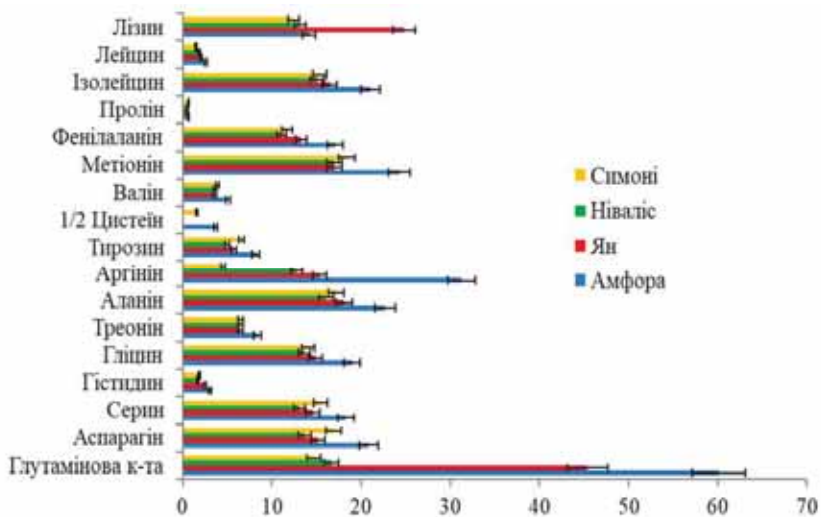


Рис. 4.44. Вміст амінокислот у плодах хеномелесу, мг/100 г абсолютно сухої сировини

У насінні хеномелесу домінує лейцин – від 16% у сорту Ян, до 20% у насінні сорту Симоні (рис. 4.45).

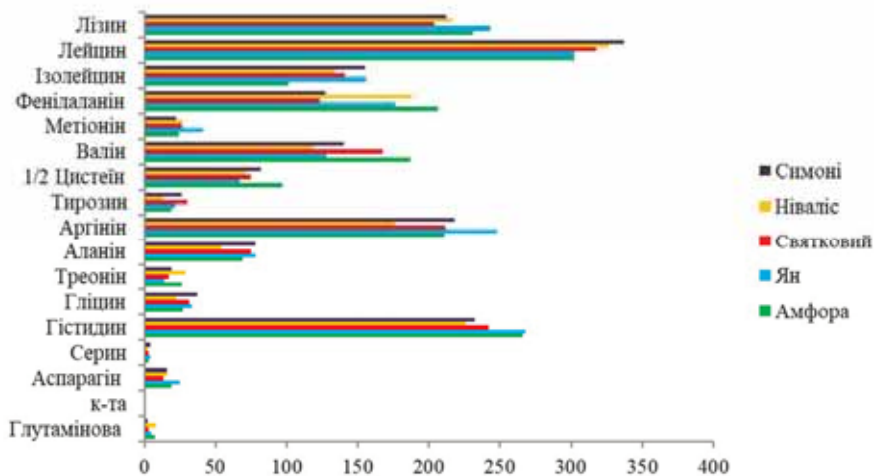


Рис. 4.45. Вміст амінокислот у насінні хеномелесу, мг/100 г абсолютно сухої сировини

Результати визначення жирнокислотного складу (ЖК) ліпофільних екстрактів показали, що у плодах хеномелесу (табл. 4.11) домінує пальмітинова кислота (35,19–43,81 % від суми ЖК у різних сортів), дещо нижчим є вміст олеїнової кислоти (11,64–20,07 %), а вміст лінолевої кислоти складає від 11,33% у плодів хеномелесу сорту Амфора, до 21,28 % у плодів сорту Симоні.

Таблиця 4.11

**Жирнокислотний склад ліпофільних екстрактів плодів хеномелесу**

Кислота	Вміст жирної кислоти, % від суми кислот				
	Амфора	Ян	Святковий	Ніваліс	Симоні
С 14:0 міристинова	2,27	2,14	3,37	3,37	2,52
С 16:0 пальмітинова	43,07	42,72	40,56	43,81	35,19
С 16:1 пальмітинолеїнова	2,21	2,12	3,86	3,76	5,70
С 18:0 стеаринова	6,19	5,20	5,76	5,11	3,92
С 18:1 олеїнова	11,64	18,81	18,00	16,64	20,07
С 18:2 лінолева	11,33	17,42	17,17	15,81	21,28
С 18:3 ліноленова	4,96	7,76	7,13	7,16	7,30
С 20:0 арахінова	-	0,52	0,47	0,04	0,47
С 20:1 гондоїнова	0,01	-	0,02	0,01	0,01
С 22:0 бегенова	0,21	0,03	0,01	0,02	0,02
С 22:1 ерукова	-	0,03	0,03	0,14	-
Сума незамінних жирних кислот	16,29	25,21	24,33	23,11	28,58

Вміст лінолевої кислоти у різних сортів хеномелесу практично не відрізняється, за винятком плодів хеномелесу сорту Амфора, де він у 1,44–1,56 разів нижчий порівняно з іншими сортами.

Серед жирних кислот ліпофільної фракції листя хеномелесу (табл. 4.12, рис. 4.46), на відміну від плодів, переважає ліноленова кислота. Разом із лінолевою, вміст якої у сумі ЖК листя хеномелесу майже не відрізняється від такого у плодах, вони складають групу незамінних жирних кислот, і їхній сумарний вміст дорівнює 59,17 і 57,81 % (від загальної суми ЖК) у листі сортів Ян і Святковий відповідно.

Таблиця 4.12

**Жирнокислотний склад ліпофільних екстрактів листя хеномелесу**

Кислота	Вміст жирної кислоти, % від суми кислот	
	Ян	Святковий
1	2	3
C 12:0 лауринова (додеканова)	2,24	1,34
C 14:0 міристинова	0,62	1,20
C 14:1 міристолеїнова	-	0,84
C 16:0 пальмітинова	19,88	23,85
C 16:1 пальмітинолеїнова	0,17	-
C 18:0 стеаринова	4,40	4,38
C18:1 олеїнова	5,82	2,81
C 18:2 лінолева	18,43	16,98
C 18:3 ліноленова	40,74	40,83
C 20:1 гондоїнова	0,18	0,50
C 22:0 бегенова	0,37	0,55
Сума незамінних жирних кислот	59,17	57,81

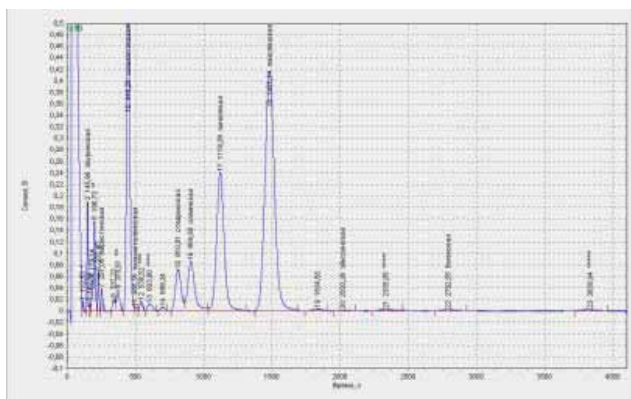


Рис. 4.46. Хроматограма жирнокислотного складу ліпофільного екстракту листя хеномелесу сорту Ян (метод ГРХ)

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що за вмістом незамінних жирних кислот (зокрема лінолевої та ліноленової) виділяється листя хеномелесу, ліпофільні комплекси з яких можуть служити потенційними джерелами есенціальних жирних кислот.

Серед сортів хеномелесу найвищий вміст суми гідроксикоричних кислот виявився у сировині хеномелесу сорту Амфора (рис. 4.47–4.49). В

процесі дозрівання плодів вміст суми гідроксикоричних кислот зменшується. Виходячи з отриманих результатів дослідження кількісного вмісту гідроксикоричних кислот для подальшого отримання препаратів з імуномодулюючими властивостями (які притаманні гідроксикоричним кислотам, зокрема кавовій та хлорогеновій), можна рекомендувати плоди хеномелесу (особливо – сорту Амфора), заготовлені у серпні.

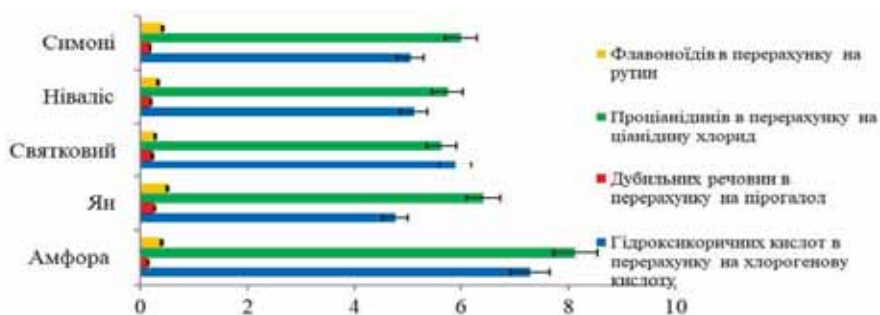


Рис. 4.47. Кількісний вміст фенольних сполук у квітках хеномелесу, % у абсолютно сухій сировині

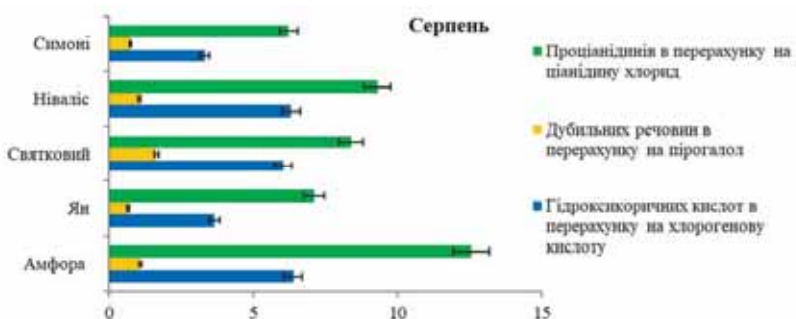


Рис. 48. Кількісний вміст фенольних сполук у плодах хеномелесу, % у абсолютно сухій сировині

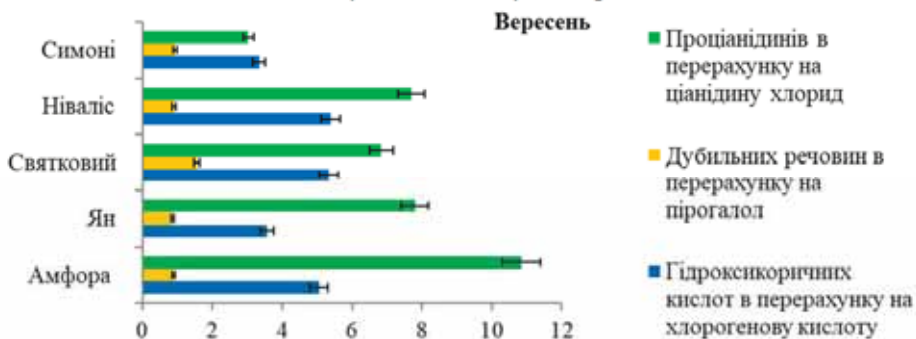


Рис. 4.49. Кількісний вміст фенольних сполук у плодах хеномелесу, % у абсолютно сухій сировині



Вміст у сировині тритерпеноїдів проводили спектрофотометричним методом за реакцією з сірчаною кислотою (рис. 4.50).

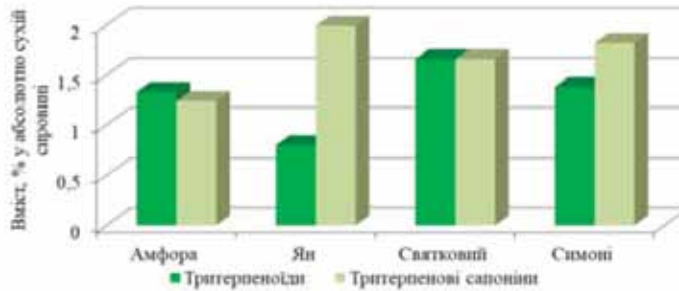


Рис. 4.50. Кількісний вміст тритерпеноїдів та тритерпенових сапонінів у квітках хеномелесу у перерахунку на олеанолову кислоту

Вміст тритерпеноїдів і тритерпенових сапонінів вищий у плодах (особливо – зібраних у вересні) і нижчий – у квітках. При порівнянні вмісту тритерпеноїдів і тритерпенових сапонінів у квітках різних сортів хеномелесу найвищий вміст тритерпенових сполук виявлений у сорту Святкового. При цьому вміст вільних тритерпеноїдів та тритерпенових сапонінів виявився однаковим (рис. 4.51, 4.52).

Вміст тритерпенових сапонінів виявився вищим, ніж вміст вільних тритерпеноїдів у квітках пізніх сортів хеномелесу – Ян і Симоні, для квіток раннього сорту Амфора навпаки – вміст вільних тритерпеноїдів перевищує вміст тритерпенових сапонінів. Отже, квітки та плоди можуть розглядатися як потенційне джерело отримання препаратів із протимікробними, противірусними та протигрибковими властивостями.

Визначення нами мінерального складу хеномелесу показало, що плоди сортів Святковий і Ніваліс, а також насіннева шкірка плодів всіх сортів відзначаються достатньо високим вмістом калію та кальцію (окрім насінневої шкірки плодів сорту Ян), а насіннева шкірка плодів всіх сортів – також і високим вмістом магнію (табл. 4.13).

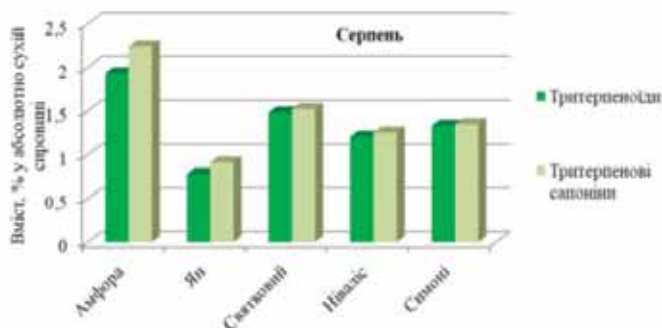


Рис. 4.51. Кількісний вміст тритерпеноїдів та тритерпенових сапонінів у плодах хеномелесу у перерахунку на олеанолову кислоту

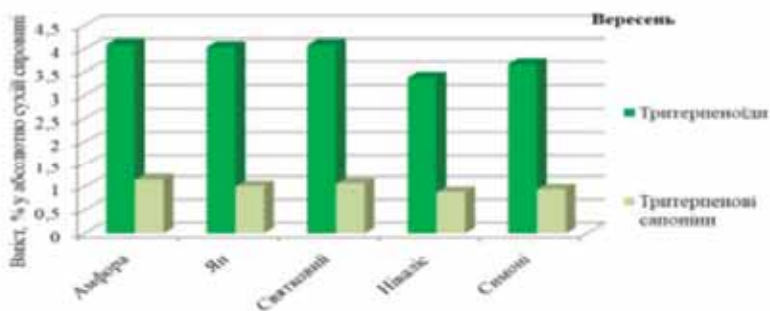


Рис. 4.52. Кількісний вміст тригерпеноїдів та тригерпенових сапонінів у плодах хеномелесу у перерахунку на олеанолову кислоту

Вміст купруму, нікелю та молібдену у насінні хеномелесу теж перевищує вміст цих мікроелементів у квітках, листі та плодах, причому у шкірці насіння вміст купруму і молібдену вищий, ніж у серцевині. У шкірці насіння, у порівнянні з серцевиною насіння, квітками, листям та плодами, виявився вищий вміст також мангану, феруму, магнію.

У процесі дозрівання плодів хеномелесу сорту Святковий, як видно із даних табл. 14, у м'якоті зростає вміст макро- і мікроелементів, за винятком силіцію, вміст якого зменшується майже в 2 рази, а у серцевині насіння вміст макро- і мікроелементів зменшується. При цьому вміст макро- і мікроелементів у шкірці насіння змінюється неоднаково – вміст нікелю і молібдену зменшується, а всіх інших мікроелементів зростає.

Результати визначення мінеральних елементів у білково-полісахаридному комплексі (БПК) плодів хеномелесу наведені у табл. 4.14, 4.15.

БПК плодів хеномелесу сорту Святковий має вищий вміст натрію, калію, кальцію, фосфору, магнію, цинку, купруму, силіцію і нікелю, але нижчий вміст феруму і мангану, ніж БПК плодів сорту Ян. Найбільша різниця спостерігається у вмісті мангану – вміст цього мікроелементу у БПК плодів хеномелесу сорту Ян вищий у 2 рази, ніж у БПК плодів сорту Святковий.

Варто відзначити, що БПК плодів хеномелесу мають вищий вміст натрію, фосфору, феруму, мангану, нікелю, ніж власне плоди, із яких вони одержані. Зокрема, вміст феруму, мангану у складі БПК більший у порівнянні із плодами у 2 і 4 рази, нікелю – у 7 і 3 рази для плодів сортів Святковий і Ян відповідно. В той же час вміст силіцію у БПК плодів сорту Святковий виявився нижчим, ніж у плодах у 60 разів, а у БПК плодів сорту Ян – вищим, ніж у плодах у 3 рази. В процесі дозрівання плодів сорту Святковий вміст макро- і мікроелементів в складі БПК (див. табл. 4.15) зростає, крім силіцію та нікелю.

Найбільше зростає вміст мангану – на 80 % та купруму – на 145 %, при цьому вміст купруму у БПК плодів сорту Святковий, зібраних у вересні, перевищує вміст цього мікроелементу у власне плодах. Вміст силіцію та нікелю у процесі дозрівання плодів сорту Святковий зменшується майже в 2 рази.

Вміст макро- і мікроелементів у квітках, листі, плодах і насінні хеномелесу

Сировина, сорт	Вміст макро- і мікроелементів, мг/100г абсолютноно сухої сировини												
	Na	K	Ca	Mg	P	Si	Fe	Zn	Cu	Mn	Ni	Mo	
Квітки	Амфора	13,8	440	110	44	23,0	22,0	1,0	0,28	0,07	4,1	<0,03	<0,02
	Ян	15,4	460	120	48	26,0	24,6	0,8	0,31	0,08	4,6	<0,03	<0,02
Листя	Святков	25,2	755	100	40	21,4	20,0	1,0	0,13	0,63	1,0	<0,03	<0,02
	Ніваліс	28,8	865	115	45	24,5	23,0	1,2	0,14	0,72	1,0	<0,03	<0,02
Плоди	Симоні	31,0	460	120	47	26,0	24,5	1,1	0,15	0,23	1,2	<0,03	<0,02
	Амфора	2,0	630	160	61	33,5	31,5	1,0	0,02	0,29	2,0	<0,03	<0,02
Насіння (шкірка)	Ян	3,8	320	155	60	32,8	31,0	1,0	0,02	0,09	9,6	<0,03	<0,02
	Святков	3,6	560	190	46	30,4	19,2	1,8	<0,01	0,09	6,0	<0,03	<0,02
Насіння (серцев)	Ніваліс	1,9	570	305	61	32,3	15,2	1,9	<0,01	0,10	5,7	<0,03	<0,02
	Симоні	3,6	540	290	56	61,2	20,6	2,7	<0,01	0,07	12,6	<0,03	<0,02
Насіння (шкірка)	Амфора	4,9	735	98	71	4,2	0,1	0,5	0,24	0,12	0,12	<0,03	<0,02
	Ян	7,1	755	185	71	8,0	0,1	1,2	0,12	0,23	0,23	<0,03	<0,02
Насіння (серцев)	Святков	8,3	1035	260	100	11,3	26,7	2,3	0,67	0,17	0,26	<0,03	<0,02
	Ніваліс	16,9	1050	265	105	8,2	0,3	2,7	0,68	0,17	0,34	<0,03	<0,02
Насіння (шкірка)	Симоні	9,0	870	235	90	24,0	0,30	1,5	0,60	0,12	0,21	<0,03	<0,02
	Амфора	21,8	1310	350	330	148,0	35,0	10,9	<0,01	3,3	10,9	0,09	0,04
Насіння (серцев)	Ян	15,6	935	125	280	132,0	25,0	9,3	<0,01	3,1	9,3	0,22	0,06
	Святков	11,2	1350	180	405	153,0	24,0	9,0	<0,01	4,5	13,5	0,09	0,05
Насіння (шкірка)	Ніваліс	13,3	1600	425	480	91,0	21,0	13,3	<0,01	6,7	21,3	0,05	0,03
	Симоні	25,0	1500	200	450	170,0	27,0	15,0	<0,01	7,5	25,0	0,10	0,13
Насіння (серцев)	Амфора	2,3	675	180	270	115	18,0	4,5	<0,01	2,3	4,5	0,05	0,11
	Ян	10,8	650	160	195	365	17,0	4,3	<0,01	1,1	0,22	0,43	0,04
Насіння (серцев)	Святков	22,0	655	165	195	370	35,0	4,4	<0,01	1,1	0,22	0,44	0,02
	Ніваліс	3,8	575	135	170	325	15,3	3,5	<0,01	1,0	0,19	0,38	<0,02
Симоні	2,5	740	175	220	420	19,8	4,9	<0,01	1,2	0,25	0,49	0,05	

*Таблиця 4.14*  
**Вміст макро- і мікроелементів у плодах, насінні та білково-полісахаридному комплексі плодів хеномелесу сорту Святковий**

Термін заготівлі сировини	Вміст макро- і мікроелементів, мг/100г абсолютно сухої сировини											
	Na	K	Ca	Mg	P	Si	Fe	Zn	Cu	Mn	Ni	Mo
	Плоди											
Серпень	8,3	1035	260	100	11,3	26,7	2,3	0,67	0,17	0,26	<0,03	<0,02
Вересень	19,2	1195	295	115	13,0	15,4	2,7	0,77	0,19	0,31	<0,03	<0,02
	Шкірка насіння											
Серпень	11,2	1350	180	405	153,0	24,0	9,0	<0,01	4,5	13,5	0,09	0,05
Вересень	19,8	1185	475	415	168,0	32,0	11,8	<0,01	4,9	19,8	0,04	0,04
	Серцевина насіння											
Серпень	22,0	655	165	195	370	35,0	4,4	<0,01	1,1	0,22	0,44	0,02
Вересень	3,7	550	130	165	315	7,4	2,8	<0,01	0,9	0,18	0,18	<0,02
	Білково-полісахаридний комплекс плодів											
Серпень	22	335	180	67	38	0,45	4,5	0,45	0,11	0,45	0,22	0,02
Вересень	27	405	215	81	46	0,27	5,4	0,54	0,27	0,81	0,13	0,03

*Таблиця 4.15*

**Вміст макро- і мікроелементів у полісахаридних комплексах плодів хеномелесу**

Сорт	Вміст макро- і мікроелементів, мг/100г абсолютно сухої сировини											
	Na	K	Ca	Mg	P	Si	Fe	Zn	Cu	Mn	Ni	Mo
Ян	18	270	145	54	31	0,18	5,40	0,36	0,09	0,90	0,09	<0,02
Святковий	22	335	180	67	38	0,45	4,5	0,45	0,11	0,45	0,22	0,02

Кількісний вміст в плодах хеномелесу калію, кальцію, магнію, поряд із вмістом феруму, цинку та купруму передбачає можливість використання їх в лікувально-профілактичному харчуванні. Наявність в плодах хеномелесу великої кількості різноманітних кислот, зокрема яблучної та аскорбінової, сприяє високому рівню всмоктування феруму. Всмоктуванню цинку сприяє високий вміст цистеїну. Унікальність цинку полягає в тому, що ні один елемент не входить до складу такої кількості ферментів і не виконує таких різноманітних фізіологічних функцій. Зокрема, цинк входить до складу інсуліну, а цистеїн відіграє важливу роль у формуванні вторинної структури цього білка. Манган і нікель подовжують дію інсуліну і тим самим посилюють його гіпоглікемічну дію.

Таким чином, виходячи з результатів аналізу мінерального складу сировини хеномелесу, зокрема високого вмісту калію, кальцію, магнію, феруму, цинку та купруму плоди (особливо – сортів Святковий і Ніваліс) можна використовувати як потенційні джерела даних мінеральних елементів.

У співпраці з Вроцлавським національним природничим університетом досліджено вміст біологічно активних речовин плодів різних генотипів *Chaenomeles* колекції НБС. Визначено вміст поліфенолів та антиоксидантний потенціал плодів (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

**Загальний вміст поліфенолів та антиоксидантна активність плодів сортів *Chaenomeles* колекції НБС**

Сорт, форма	Загальна сума поліфенолів (мг GAE/г)	Антиоксидантна активність (ммоль Тролокса/100 г)		
		DPPH	FRAP	ABTS
Амфора	183,86±5,92	10,52±1,18	15,64±1,81	31,13±4,66
Бордовий	301,33±7,79	15,71±1,18	29,66±2,81	49,22±4,90
Вишуканий Світлани	278,29±9,92	18,31±0,73	31,49±0,23	64,15±2,28
Вітамінний	345,47±2,97	17,92±1,40	32,47±2,06	62,53±2,17
Каліф	202,72±5,49	12,30±0,75	18,10±0,26	32,64±0,69
Караваєвський	251,45±6,19	13,32±0,76	24,33±1,44	46,66±2,88
Помаранчевий	321,33±7,72	15,50±0,87	31,08±1,10	52,48±3,92
Світлана	354,31±7,02	18,84±2,79	33,74±4,92	70,29±1,58
Святковий	379,78±4,98	21,01±1,18	40,22±1,60	64,87±2,64
Цитриновий	277,06±2,95	15,21±2,09	25,23±5,08	54,08±3,76
Чудовий Ольги	202,86±6,72	12,41±0,59	19,76±1,39	38,66±3,56
Ян	162,46±2,41	10,08±0,47	14,97±0,78	31,54±2,18
F6	408,09±8,67	21,42±0,80	42,51±1,80	70,87±4,60

За методом DPPH антиоксидантна активність була найвищою у форми F6 та у сорту Святковий.

Антиоксидантна активність у генотипів за методом DPPH була у межах від 10,08 до 21,42 ммоль Тролокса/100 г. За методом FRAP – від 14,97 до

42,51 ммоль Тролокса/100 г, за методом ABTS – від 31,13 до 70,87 ммоль Тролокса/100 г.

Отже, результати досліджень свідчать про високу антиоксидантну активність хеномелеса, рослини якого є новим джерелом сировини з більш високим антиоксидантним потенціалом у порівнянні з традиційними видами рослин.

**Терен колючий (*Prunus spinosa* L.).** Сучасні ботанічні дослідження культурних плодів рослин неможливі без аналізу, добору та використання генофонду диких їх родичів (оскільки вони є цінним резервом генетичного матеріалу), що забезпечують стійкість до біологічних факторів навколишнього середовища.

Серед поширених рослин родини *Rosaceae* (*Malus*, *Pyrus*, *Cydonia* та ін.) підродина *Amygdaloideae* є однією із найбільш окультурених, у помірних кліматичних широтах, включаючи і територію України. Таке поширення, ймовірно, стало можливим завдяки розміщенню давніх людських поселень в зоні історичного центру походження рослин.

На сьогодні серед великого розмаїття видів *Prunus* значну увагу привертає терен (*Prunus spinosa* L.), який характеризується високою продуктивністю, морозо- та зимостійкістю, стійкістю до шкідників і хвороб, та є цінним селекційним матеріалом для подальшого вивчення. Тому, перспектива подальшої роботи націлена на проведення порівняльних еколого-біологічних, біохімічних досліджень окультурених та дикорослих представників виду *P. spinosa* з метою вивчення його структурно-функціональних організацій.

Терен надзвичайно поліморфний вид, його представники значно різняться як за габітусом крони, так і розмірами генеративних органів. Тому, не рідко крупноплідні його форми виділяють в окремий вид *P. insititia* L., як результат спонтанного запилення із сливою домашньою.

Вихідним матеріалом для роботи були використані крупноплідні форми терену генофонду кісточкових культур НБС імені М.М. Гришка та, власне, дикорослий вид *P. spinosa*.

Фенологічні спостереження показали, що біологічні особливості досліджуваних представників тісно пов'язані із кліматичними умовами зростання. Так, фаза розпускання бруньок у форм терену крупноплідного та дикорослого відмічалася у першій декаді квітня за середньодобової температури повітря +6–8°C. Квітування форм терену 'Крупноплідного' та 'Волинського' спостерігалось раніше, на 4–6 діб від їх дикорослого представника. Початок масового квітування наставав за температури +10–15°C.

Достигання форм терену 'Крупноплідного' та 'Волинського' відмічалось раніше – у третій декаді серпня, першій декаді вересня та тривало 25–30 діб. Встановлено, що дикорослий терен починає достигати пізніше, з другої декади вересня до третьої декади жовтня та має більш тривалий період плодоношення у порівнянні з культурними формами.

Проведений морфометричний аналіз квіток, листків, плодів терену показав, що розміри квіток (діаметр віночка) терену 'Волинського' та

'Крупноплідного' становлять 2,9–2,5 см (рис. 4.53). У них спостерігається незначна кількість шести- та десятипелюсткових квіток, пелюстки яких сильно перекривають одна одну, утворюючи таким чином напівмахрову квітку (рис. 4.54). Дикорослий терен має менші квітки за розміром – 2,0–1,5 см. Пелюстки квіток дикорослого терену не перекриваються, що вказує на його видоспецифічні ознаки.

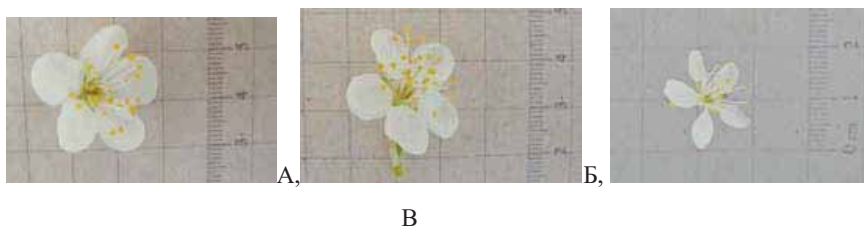


Рис. 4.53. Загальний вигляд квіток *Prunus spinosa* L.:  
А – 'Волинський'; Б – 'Крупноплідний'; В – дикорослий



Рис. 4.54. Десятипелюсткова квітка *Prunus spinosa* L. 'Крупноплідного'

Характерною особливістю крупноплідних форм є те, що приблизно 10 % від всіх квіток утворюють двох-трьохматочковий апокарпний гінецей (рис. 4.55).



Рис. 4.55. Зріз двохматочкової квітки *Prunus spinosa* L. 'Волинського'

Зав'язь таких квіток майже не досягає пори плодоношення, лише 20–15 % їх квіток здатні утворювати сформовані плоди. Таке явище може бути наслідком еволюційних внутрішньовидових перетворень.

Однією із ознак поліморфізму є параметри та форми листка. Так, у ході вимірювань листової пластинки було встановлено, що найбільшими її метричними показниками – довжиною та шириною 11,3; 6,8 см відповідно, характеризуються рослини терену 'Крупноплідного' (табл. 4.17, рис. 4.56). Дещо менше значення має терен 'Волинський' – 10,4; 5,5 см, а найменше – у терену дикого, довжина листка якого становить 7,1 см, ширина – 3,9 см.

Таблиця 4.17

**Морфометричні показники листків та плодів *Prunus spinosa* L.**

Форма	Листки		Плоди		
	довжина, см	ширина, см	довжина, см	ширина, см	маса, г
Дикорослий	7,1±2,6	3,9±1,3	1,2±0,9	1,3±0,06	1,4±0,06
'Волинський'	10,4±3,0	5,5±1,5	3,2±1,16	2,7±0,19	13,74±2,32
'Крупноплідний'	11,3±2,5	6,8±1,5	4,0±0,19	3,5±0,2	28,9±5,85

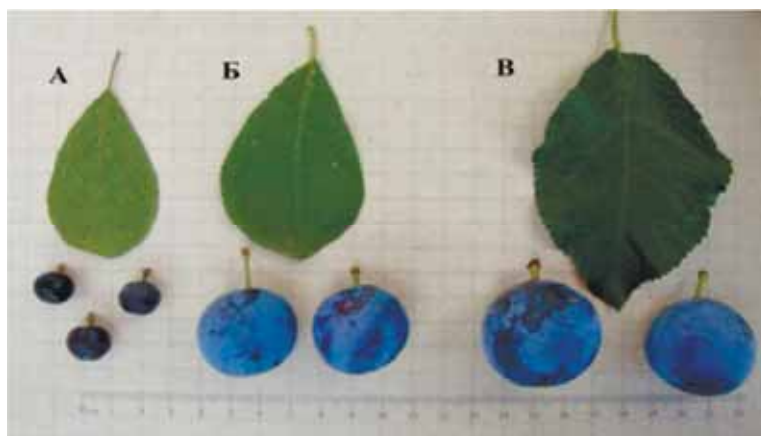


Рис. 4.56. Плоди та листки *Prunus spinosa* L.:  
А – дикорослий; Б – 'Волинський'; В – 'Крупноплідний'

Не менш важливими характеристиками є господарсько-цінні якості плодів *Prunus spinosa*, які визначали за масою плоду та його параметрами. Так, величина та маса плоду знаходяться у тісній залежності одне від одного. Дані проведених вимірювань свідчать, що найбільші розміри мають плоди терену 'Крупноплідного' з довжиною – 4,0 см та масою – 28,9 г, на другому місці – терен 'Волинський' – 3,2 см і 13,74 г, а найменшим значенням характеризується дикоросла форма – 1,2 см та 1,4 г відповідно. Плоди дикорослого терену стають придатними до споживання



тільки після промерзання, в той час як для крупноплідних форм терену не обов'язкова дія низьких температур.

Таким чином, аналізуючи отримані дані, можна сказати, що *Prunus spinosa* характеризується внутрішньовидовою варіабельністю. Визначені нами критерії значно розширюють знання про біологічні особливості виду та в подальшому матимуть практичне застосування у селекції.

Розпочато дослідження вмісту антоціанів у надземних органах культурних і дикорослих форм *Prunus spinosa*. Серед культурних форм для дослідів були відібрані рослини з дрібними та крупними плодами. Відбір зразків проводили під час квітучання. Встановлено, що серед досліджуваних форм найбільший вміст антоціанів мають листки (255–281 мг/100 г сухої речовини) (рис. 4.57).

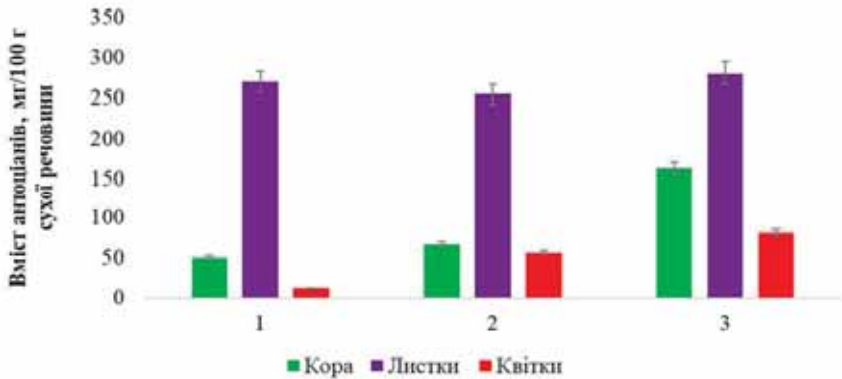


Рис. 4.57. Вміст антоціанів у надземних органах рослин *Prunus spinosa* L.:  
1 – культурна форма (дрібноплідна), 2 – культурна форма (крупноплідна),  
3 – дикоросла форма

Вміст антоціанів у корі коливається в межах 50–163 мг/100 г сухої речовини, у квітках найнижчий вміст антоціанів (12–81 мг/100 г сухої речовини). Серед дрібноплідних та крупноплідних культурних форм *Prunus spinosa* квітки крупноплідної форми мають значно вищий вміст антоціанів, ніж у дрібноплідних форм.

Цікаво відзначити той факт, що дикоросла форма *Prunus spinosa* має значно вищий вміст антоціанів у надземних органах, ніж культурні форми. Це свідчить про більш високу адаптивну здатність дикорослих форм до несприятливих факторів навколишнього середовища у порівнянні з культурними формами, оскільки накопичення антоціанів є одним з біохімічних маркерів рівня адаптованості видів.

Досліджено вміст катехінів та антоціанів у плодах культурних і дикорослих форм *Prunus spinosa* (рис. 4.58). Встановлено, що серед досліджуваних форм найбільший вміст катехінів мають плоди крупноплідної культурної форми *Prunus spinosa* (226 мг/100 г сухої речовини). Дикоросла форма *Prunus spinosa* має значно нижчий вміст катехінів, ніж культурна форма і становить 168 мг/100 г сухої речовини.

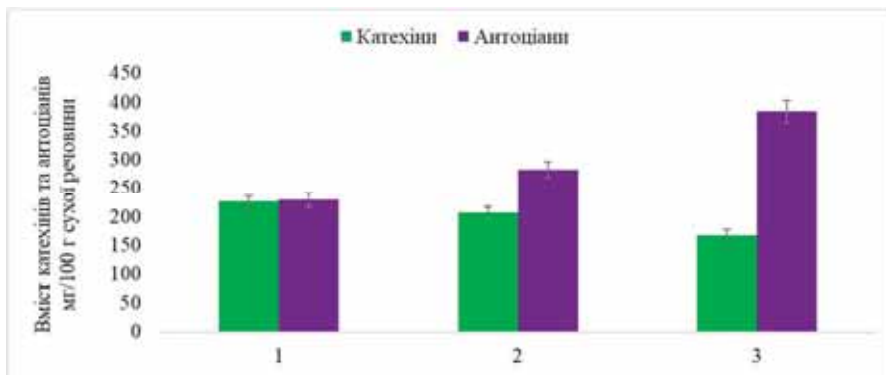


Рис. 4.58. Вміст катехинів та антоціанів у плодах рослин *Prunus spinosa* L.:  
 1 – культурна форма (крупноплідна); 2 – культурна форма (дрібноплідна);  
 3 – дикоросла форма

За вмістом антоціанів у плодах культурних і дикорослих форм *Prunus spinosa* спостерігається кардинально протилежна картина. Найбільший вміст антоціанів мають плоди дикорослої форми *Prunus spinosa* (384 мг/100 г сухої речовини). Найнижчий вміст антоціанів мають плоди крупноплідної культурної форми *Prunus spinosa* (230 мг/100 г сухої речовини). Цю закономірність можна пояснити тим, що вміст антоціанів та катехинів знаходиться у стані хімічної рівноваги. Катехіни – це відновлена форма флавоноідів, антоціани – більш окислена форма. Оскільки кислотність плодів дикорослої форми *Prunus spinosa* значно вища, то хімічна рівновага окислювально-відновлюваного процесу катехіни-антоціани зміщена у бік антоціанів, оскільки є відомим той факт, що кисле середовище є стабілізуючим фактором існування антоціанів. Досліджено вміст лейкоантоціанів у надземних органах культурних і дикорослих форм *Prunus spinosa* L. Серед культурних форм для дослідів були відібрані рослини з дрібними та крупними плодами. Для дослідів брали кору, листки та квітки. Відбір зразків проводили під час квітучання.

Встановлено, що серед усіх досліджуваних форм найбільший вміст лейкоантоціанів мають листки (507–688 мг/100 г сухої речовини) (рис. 4.59).

Вміст лейкоантоціанів у корі досліджуваних об'єктів значно нижчий, ніж у листках і коливається в межах 306–412 мг/100 г сухої речовини. Квітки мають найнижчий вміст лейкоантоціанів (96–167 мг/100 г сухої речовини). Серед дрібноплідних та крупноплідних культурних форм *Prunus spinosa* квітки крупноплідної форми мають дещо вищий вміст лейкоантоціанів (120 мг/100 г сухої речовини), ніж дрібноплідна форма (96 мг/100 г сухої речовини). Те ж саме спостерігається у листках і у корі. Листки крупноплідної форми терена мають вищий вміст лейкоантоціанів, ніж листки дрібноплідної форми (559 та 507 мг/100 г сухої речовини). Вміст лейкоантоціанів у корі крупноплідної та дрібноплідної форм становить 354 та 306 мг/100 г сухої речовини.

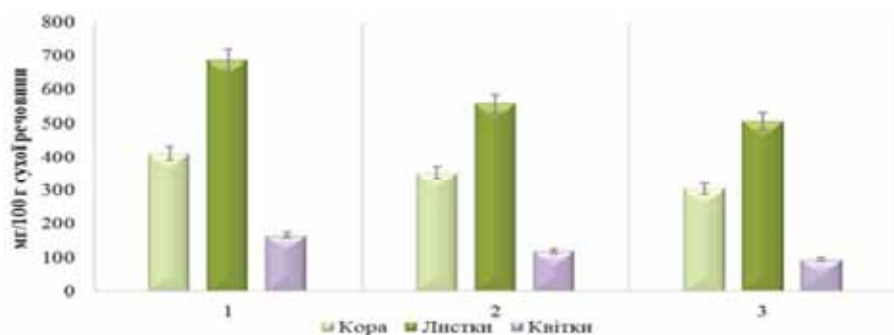


Рис. 4.59. Вміст лейкоантоціанів у надземних органах рослин *Prunus spinosa* L.: 1 – дикоросла форма, 2 – культурна форма (крупноплідна), 3 – культурна форма (дрібноплідна)

Слід відзначити, що при порівнянні вмісту лейкоантоціанів у надземних органах культурних і дикорослих форм *Prunus spinosa*, відмічено, що дикоросла форма має значно вищий вміст лейкоантоціанів, ніж культурні форми. Подібна закономірність спостерігалась при дослідженні вмісту антоціанів та катехінів у надземних органах вказаних вище об'єктів. Це свідчить про більш високу адаптивну здатність дикорослих форм до несприятливих факторів навколишнього середовища у порівнянні з культурними формами, оскільки лейкоантоціани, антоціани та катехіни, як і інші представники флавоноїдів, використовуються як біохімічні маркери рівня адаптованості видів.

Досліджено вміст проліну (з метою визначення реакції рослин на посуху) у листках культурних і дикорослих форм *Prunus spinosa* у період літньої посухи. Серед культурних форм для дослідів були відібрані рослини з дрібними та крупними плодами. Зразки було відібрано на початку періоду посухи (1–2 день) та у період активної фази посухи (9–10 день). В цей період спостерігалось підвищення денної температури повітря – +33°C у затінку. Встановлено, що на початку посухи листки мають відносно низький вміст проліну (рис. 4.60).

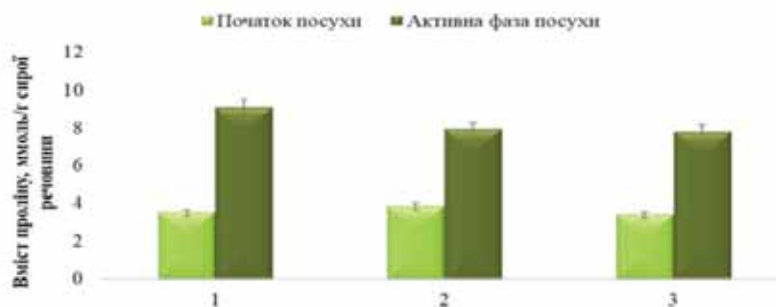


Рис. 4.60. Вміст проліну у листках культурних і дикорослих форм *Prunus spinosa* L. у період літньої посухи: 1 – дикоросла форма, 2 – культурна форма (крупноплода), 3 – культурна форма (дрібноплода)

Різниця між дикорослою і культурними формами несуттєва, вміст проліну у листках коливається у межах 3,3–3,8 ммоль/г сирої речовини. Протягом посухи його вміст у листках досліджуваних об'єктів значно збільшується (7,8–9,1 ммоль/г сирої речовини), що може бути пов'язано з відповіддю досліджуваних рослин на дію стресового фактора – літньої посухи.

Слід відзначити, що при порівнянні динаміки вмісту проліну у листках культурних і дикорослих форм *Prunus spinosa* у період літньої посухи, дикоросла форма має значно більшу амплітуду накопичення проліну, ніж культурні форми. Це вказує на вищий адаптаційний потенціал дикорослих форм у порівнянні з культурними формами.

Таким чином, підведено підсумки адаптаційної здатності *Asimina triloba* – нового північноамериканського виду, вперше інтродукованого в умови Лісостепу України у 1993 році. Встановлено строки основних фаз розвитку рослин (вегетації, квітання, досягання). Показано, що сума ефективних температур регіону забезпечує успішне плодоношення.

Досліджено динаміку розвитку квітки, виявлено різницю у строках формування тичинок і маточки і залежність репродуктивної здатності, у зв'язку з цим, від погодних умов.

Визначено репродуктивну здатність за вільного і штучного запилення.

Встановлено діапазон варіабельності морфологічних ознак вегетативних і генеративних органів і значення його для оцінки селекційного матеріалу. Відібрано перспективні форми азиміни.

Визначено біохімічний склад вегетативних і генеративних органів і антиоксидантну активність плодів перспективних генотипів.

Досліджено локалізацію гідроксикоричних кислот у листках азиміни у зв'язку з високою біологічною активністю, показано, що азиміна перспективна як джерело лікарської сировини.

Опрацьовано способи і строки насінного і вегетативного розмноження. Важлива особливість вегетативного розмноження – весняне (а не літнє) щеплення, у зв'язку з високим вмістом дубильних речовин у вегетативних органах рослин.

Створено колекційно-селекційний фонд хеномелеса з 3 видів, 50 форм зарубіжної і власної селекції.

Дібрано шляхом аналітичної і синтетичної селекції перспективні форми хеномелеса Амфора, Вишуканий Світлани, Люсі, Святковий.

Визначено, що основними напрямками селекції хеномелеса є: крупноплідність, урожайність, збільшення товщини мезокарпю (до 88–90 % плодової м'якоті).

Встановлено діапазон мінливості морфологічних ознак генеративних і вегетативних органів хеномелеса. Кількісні показники свідчать про велику внутрішньовидову мінливість і важливість її для аналітичної і синтетичної селекції.

Досліджено анатомічну будову листка у зв'язку з посухостійкістю, діагностичними ознаками є наявність трихом, які відіграють важливу роль у стійкості рослин до посухи.

Визначено біохімічний склад вегетативних і генеративних органів. Встановлено вміст амінокислот та макро- і мікроелементів у плодах, листках і квітках хеномелеса. Біохімічний аналіз свідчить про цінність хеномелеса як джерела лікарської сировини для препаратів з протимікробними та протівірусними властивостями.

Результати проведених досліджень свідчать про необхідність широкого культивування хеномелеса як харчової, лікарської і декоративної рослини. Хеномелес – цінне джерело сировини з більш високим антиоксидантним потенціалом у порівнянні з традиційними видами плодових рослин, що наразі широко культивуються.

Порівняльна оцінка тривалості фенологічних фаз культурних сортів *Prunus spinosa* та дикорослих форм показала, що вона у дикорослих на 5–7 діб довша, ніж у культурних.

Оцінено морфологічні параметри квіток культурних і диких генотипів терена. Відмічено здатність квіток культурних генотипів утворювати махрові квітки за рахунок збільшення кількості пелюсток. 10 % квіток сортових генотипів утворюють двох-трьохматочковий апокарпний гінецей, такі квітки утворюють лише 15–20 % сформованих плодів.

Морфометричні показники плодів і листків терену культурних і диких генотипів достатньо відрізняються, що свідчить про його поліморфізм.

## РОЗДІЛ 5

# ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ГЕНОФОНДУ КВІТНИКОВО-ДЕКОРАТИВНИХ РОСЛИН НА ОСНОВІ МОБІЛІЗАЦІЇ НОВИХ ДЛЯ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНО ПЛАСТИЧНИХ ВИДІВ ТА СОРТІВ

---

Залучення, збереження, вивчення та використання світових рослинних ресурсів в більшості країн світу є національним завданням і служить основою успіху в розвитку промислового виробництва, харчової, фармацевтичної промисловості та ландшафтного будівництва. Особливе місце серед мобілізованих рослин займають декоративні рослини, які використовуються як для задоволення естетичних потреб людини, так і покращення екологічної складової урбанізованих територій.

Визначальним при цьому є вивчення рослин різного еколого-географічного походження на фоні конкретних едафо-кліматичних умов України, відбір культур з високою адаптивною здатністю, широкою екологічною пластичністю та толерантністю, залучення видів та сортів потенційно стійких до негативного впливу абіотичних та біотичних факторів району інтродукції у вітчизняне декоративне садівництво.

Сьогодні в світі в результаті інтенсивної селекційної роботи з використанням новітніх методів гібридизації створюються групи рослин з унікальними генотипами, яким не має аналогів в природі. У селекційний процес все більше залучаються маловідомі види та форми, потенціал яких був раніше не розкритий. Новостворені міжвидові та міжсекційні гібриди характеризуються сукупністю принципово нових морфологічних та господарсько-біологічних ознак. Їх пошук, збереження та вивчення має величезне значення для формування асортименту рослин, стійких до негативних факторів навколишнього середовища.

Такими пріоритетними групами для інтродукційного вивчення в умовах України є:

- види роду *Pulsatilla* Mill;
- підрид *Limniris* роду *Iris* L., який характеризується значною кількістю віддалених гібридів та форм;
- група міжсекційних гібридів роду півоній (*Paeonia* L.), а саме сорти півонії групи Іто (Itoh Group).

Дослідження були присвячені мобілізації та створенню генофонду нових для України екологічно-пластичних видів і сортів квітnikово-декоративних рослин, вивченню їх біологічних особливостей та

успішності інтродукції в змінених кліматичних умовах Лісостепу та Полісся України.

У процесі виконання роботи було проаналізовано природний та культивований ареали видів, підвидів та сортів квітниково-декоративних рослин підроду *Limniris* роду *Iris*, роду *Pulsatilla*, Itoh Group роду *Paeonia* та встановлено їх значний інтродукційний потенціал для України як потенційно стійких в умовах змін клімату.

Визначено та залучено в інтродукційний процес 11 видів рослин роду *Pulsatilla*, 4 види та 23 сорти (17 з них належать до Сибірських ірисів, 6 – Спурія та 4 – Луїзіанських) рослин підроду *Limniris* роду *Iris*, 25 сортів рослин Itoh Group роду *Paeonia*.

Було досліджено особливості росту та розвитку інтродуцентів, репродуктивну здатність. Проведено оцінку зимо- та посухостійкості рослин в умовах інтродукції, що дало змогу встановити та відібрати перспективні для культивування в Україні види і сорти та сформувати їх генофонд.

Результати інтродукційних досліджень, які проводились на базі зібраного генофонду показують перспективність вирощування досліджуваних груп рослин в Україні, що дає можливість розширити асортимент квітниково-декоративних рослин представниками даних груп та розробити науково обґрунтовану технологію їх культивування, розмноження та використання в декоративному садівництві та озелененні.

## 5.1. Огляд літератури

Як в останні десятиріччя, так і в подальшому спостерігається тенденція до значного підвищення температури повітря в літній період, збільшення кількості засушливих періодів та різкі коливання температур взимку (Ефимов, 2011; Паламарчук, 2010). Тому до інтродукційного вивчення доцільно залучити мезоксерофітні та ксерофітні рослини природної флори, які адаптовані до посушливих умов середовища, що дозволить при озелененні урбанізованих територій створювати довговічніші, високодекоративні ландшафтні композиції. Із даної групи вирізняються високою декоративністю й широко використовуються в декоративному садівництві світу представники роду *Pulsatilla*. У квітникарстві України рослини залишаються маловідомими, а наукові дослідження щодо їх вирощування в культурі фрагментарними (Зиман, 1985; Новосад, 2013; Єфремова, 2000; Юдин, 2004). Екологічну пластичність фітоценозів *Pulsatilla vernalis*, збереження їх при зміні клімату успішно вивчаються польськими вченими (Grzył, 2014).

За даними різних авторів, рід налічує близько 40 видів (Зиман, 1985; Цвелев, 2001; A-Z Encyclopedia, 1996; Index, 1994), які поширені переважно в помірній зоні Євразії, два види походять з Північної Америки. Це рослини відкритих біотопів. З дев'яти європейських видів п'ять

зростають на альпійських та субальпійських луках, рівнинні таксони – в світлих соснових лісах та степах (Червона книга, 2010).

Види роду диз'юнктивно поширені у межах Північної півкулі в п'яти флористичних областях Голарктичного царства (Додаток А). Зокрема 53,6 % видів представляють Циркумбореальну флористичну область, їхні ареали здебільшого простягаються у помірному кліматичному поясі з різним ступенем континентальності. Східноазійську флористичну область репрезентують 17,1 % видів, які розповсюджені у регіонах із помірним океанічним або вологим континентальним кліматом. Місцезростання 9,8 % видів Ірано-туранської флористичної області характеризуються різко континентальними умовами помірного поясу. Ареали 17,1 % видів знаходяться у межах двох флористичних областей: Циркумбореальній і Східноазійській (3 види), Циркумбореальній і Ірано-Туранській (4 види). У трьох флористичних областях Північної Америки зустрічається *P. occidentalis*. У природній флорі України зростає п'ять видів: *P. grandis*, *P. patens*, *P. pratensis*, *P. scherfelii*, *P. taurica*. Всі вони занесені до Червоної книги України. Більшість видів світової флори також є рідкісними і мають різний природоохоронний статус, зокрема й занесені до Червоного Списку МСОП. Введення їх в культуру є також одним із методів їх збереження.

У відділі квітниково-декоративних рослин розпочато роботу з інтродукції рослин роду *Pulsatilla* (Перебойчук, 2015). За результатами проведеної нами прогностичної оцінки, на основі даних аутоекологічних особливостей рослин, підтверджено перспективність їх інтродукції в умови Лісостепу України, представники роду *Pulsatilla* є потенційно важливим джерелом для збагачення вітчизняного асортименту квітниково-декоративних рослин відкритого ґрунту для ранньо-весняного періоду вегетації.

Підрид *Limniris* є одним із найбільш неоднорідних по складу у роді *Iris*. Підрид включає 45 видів, які відрізняються декоративністю, є потенційно стійкими до абіотичних чинників, мають значну кількість віддалених гібридів та форм, різноманітні за габітусом і напрямками використання в ландшафтному будівництві. Робіт, присвячених підроду *Limniris*, в світі проведено достатньо багато, але основна їх частина – це дослідження, присвячені видам природної флори, проблемам їх систематики (цитологічні, молекулярно-генетичні, анатомічні та ембріологічні дослідження), лікарським властивостям і безпосередньо пов'язаним з цим біохімічним складом різних частин рослини (особливо кореневищ). Велика кількість робіт була виконана в Росії і присвячена популяційним та інтродукційним дослідженням місцевих видів підроду *Limniris* (яких у цьому регіоні зростає 12 видів). Особливе місце серед інтродукційних досліджень підроду належить роботам під керівництвом Г.І. Родіоненка з Санкт-Петербургу, де за більш як 50 років у створеному ним іридарії пройшло інтродукційне оцінювання кількадесят видів і сотні культиварів підроду *Limniris* (Родионенко, 2002).



Щодо України, то наші науковці також приділяли увагу здебільшого видам природної флори, особливо місцевої. Так, Т.А. Швець досліджувала біологічні особливості 5 видів підроду *Limniris* (*Iris sibirica*, *I. pseudacorus* L., а також інтродуковані *I. clarkei* Baker, *I. pseudocyperus* Schur, *I. ensata* Thunb.) в умовах культури у Національному дендрологічному парку “Софіївка” (Швець, 2006). Подорожним Д.С. проведено комплексне дослідження *I. sibirica* в Україні. Окремі дослідники приділяли увагу популяційним дослідженням *I. pseudacorus* в Україні. Молекулярно-генетичні дослідження з окремими видами підроду *Limniris* на сьогодні проводять у Інституті молекулярної біології і генетики НАН України під керівництвом В.А. Кунаха (Подорожний, 2013).

Інтродукційні дослідження сортового різноманіття в Україні до сьогодні носили лише фрагментарний характер і були присвячені здебільшого 28-хромосомним культиварам ірису сибірського. На сьогодні в НБС імені М.М. Гришка НАН України зібрана колекція з близька 30 потенційно перспективними представниками підроду *Limniris*.

Довгий час вважалося, що отримання віддалених гібридів півоній від різних життєвих форм є неможливим. Однак в середині ХХ ст. з метою створення жовтоkwіткового культивару було здійснено успішні міжвидові схрещування. У результаті гібридизації видів та сортів трав'янистої півонії молочноквіткової (*Lactiflora* Group) та напівкущових форм *Paeonia lutea* та кущових (деревоподібних) *P. suffruticosa* було створено нову групу міжсекційних півоній, які нині об'єднують в групу Іто-гібридів (*Itoh hybrids*) або Іто-групу (*Itoh Group*) (Горобець, 2015; Ефимов, 2011; Kamenetsky, Dole, 2012).

Перші Іто-гібриди створені в 1958 р. японським селекціонером Іто Тоїчі. Як материнська форма був взятий сорт *P. lactiflora* ‘Kakoden’. Батьківським компонентом виступав ‘Alice Harding’ (*Lutea Hybrid Gr.*). У 1974 році отримані гібриди були зареєстровані під назвами ‘Yellow Crown’, ‘Yellow Dream’, ‘Yellow Emperor’, ‘Yellow Heaven’). Сьогодні в American Peony Society зареєстровано понад 145 сортів *Itoh Gp* (*Registered, 2021*).

Молекулярний скринінг дозволив виявити природу міжсекційних гібридів і підтвердив їх комбінований генотип. Кластерний аналіз показав, що Іто-гібриди генетично більш наближені до трав'янистих півоній (*Hao, Liu, Shu, Wang, Chen, 2008; Hao, Liu, Shu, Zhang, 2008*).

Результат міжвидової гібридизації проявляється у життєвій формі Іто-гібридів, особливостях їх росту та розвитку, репродуктивній здатності. Рослини комбінують у собі ознаки обох життєвих форм. Ознаки трав'янистих форм проявляються у стеблах, які відмирають в зимовий період. Від групи кущових вони отримали форму квіток та листків (*Успенская, Мурашев, 2016; Успенская, Мурашев, 2019; Yang, 2017*).

Дослідження еколого-біологічних особливостей Іто-гібридів під час їх інтродукції показало, що вони відрізняються ширшим діапазоном екологічної пластичності порівняно з батьківськими видами та характеризуються морозостійкістю, стійкістю до весняних заморозків,

посухи. Гібриди майже не пошкоджуються шкідниками та патогенними мікроорганізмами, які викликають сіру гниль та іржу листків і мають тривалий вегетаційний період та період квітнення, високу продуктивність квітнення та стійкість у зрізі. (Wu, Cui, Liu, 2011; Шевкун, 2016; Шевкун, 2017; Мищикіна, 2017; Реут, 2018; Ефимов, Дегтярова, 2018).

В Україну сорти даної групи були завезені лише на початку ХХІ ст. Нині їх сортимент є обмеженим. В окремих колекціях ботанічних садів, дендропарків та квітників-аматорів зустрічаються лише невелика кількість однакових сортів, в елементах ландшафтного дизайну вони майже відсутні (Горобець, 2015).

## 5.2. Умови, методи та об'єкти

**Мета роботи:** мобілізація та створення генофонду нових екологічно-пластичних видів і сортів квітниково-декоративних рослин, вивчення їх біологічних особливостей та успішності інтродукції в змінених кліматичних умовах Лісостепу та Полісся України.

**Предмет досліджень:** види роду *Pulsatilla*; підвиди, форми та культивари підроду *Limniris* (серій *Sibiricae* (Diels) Lawrence, *Laevigatae* (Diels) Lawrence, *Hexagonae* (Diels) Lawrence) роду *Iris* L; сорти Іто-групи (Itoh Group) роду *Paeonia*.

**Об'єкт досліджень:** біологічні особливості, успішність інтродукції, адаптація, екологічна стійкість.

Дослідження проводили на експериментальній ділянці відділу квітниково-декоративних рослин НБС протягом 2017–2020 років. Ділянка півоній розташована на Печерських схилах Київської височини в урочищі “Звіринець” (50°32' п.ш. і 30°33' с.д.) у південно-східній частині м. Києва на межі двох фізико-географічних зон: лісової зони Полісся і зони Лісостепу.

Клімат помірно-континентальний. Середньорічна температура повітря становить +9,5°C. В 2017 році вона складала 9,8°C, в 2018 – 9,5°C, в 2019 та 2020 рр. – 10,6 та 10,9°C відповідно. В умовах досліджень взимку спостерігались відлиги, іноді з підвищенням температури до +5°C (Клімат Києва, 2010, Клімат. дані, 2021).

У Києві річний хід температури повітря дещо запізнюється порівняно з ходом сонячної радіації. Найінтенсивніше підвищення температури повітря відбувається від березня до квітня (на 8,0°C) та від квітня до травня (на 6,2°C). У травні переважає погода літнього типу. Так, середня температура травня в 2017 році становила 15,2°C, в 2018 році 18,8°C, в 2019 – 17,0°C. Однак травень 2020 року видався досить холодним з середньодобовою температурою 12,4°C. З липня починається поступове зниження температури, інтенсивне з вересня (Клімат. дані, 2021, Погода в Києві, 2004–2021).

Інтродукційні дослідження, вивчення росту за розвитку рослин, фенологічні спостереження проводили за загальноприйнятими методиками

(Булах, 2010, Игнатъева, 1983, Былов, 1978). Фенологічні спостереження за рослинами проводили протягом усього періоду їх вирощування на ділянках НБС. Терміни проходження фенологічних фаз росту та розвитку в досліджуваних рослин визначали загальноприйнятими методами (Методика фенол. набл, 1978). Суму ефективних температур обраховували шляхом сумування добових температур повітря, зменшених на значення біологічного мінімуму.

Особливості формування пагонів вивчали за Ф.М. Куперман (Куперман, 1977). Пагоноутворювальну здатність і продуктивність квітування досліджували на другий та третій рік вирощування (Былов, 1978). Колір квітки визначали за шкалою кольорів Royal Horticultural Society (RHS-Colour Chart, 2001). Отримані дані статистично обробляли за методикою Г.М. Зайцева з використанням програми Microsoft Excel (Зайцев, 1991).

Враховуючи природно-кліматичні умови Полісся та Лісостепу України й спираючись на методики, розроблені В.М. Биловим та Р.А. Карпісоною (Былов, 1978, Карписонова, 1978) М.А. Смолінською (Смолинская, 2002) досліджувані види оцінювались за такими показниками: здатність до насінного та вегетативного розмноження, стійкість до хвороб та шкідників, морозо- та зимостійкість, посухостійкість, квітування, формування габітусу та розмірів рослини.

### **5.3. Інтродукція та створення генофонду рослин видів роду *Pulsatilla* стійких до прогнозованих агрокліматичних змін**

Першочерговий інтерес при інтродукції представників роду *Pulsatilla* в умови лісостепу України становлять об'єкти культивованої флори, які вже адаптовані до умов вирощування в культурі, проте ще потребують адаптації до едафокліматичних умов району інтродукції та внесення відповідних коректив до вже випробуваних у інших країнах способів вирощування; вибір саме такого шляху сприятиме більш швидкому збагаченню асортименту й прискорить накопичення вихідного матеріалу для впровадження в практику.

Згідно з результатами проведеної оцінки перспективності інтродукції представників роду *Pulsatilla* в умови культури Лісостепу України на основі біогеографічного аналізу та аутоекологічних особливостей 41-го виду, встановлено, що 48,8 % видів є високоперспективними, потенційно здатними легко пристосовуватися до едафо-кліматичних умов вибраного місця інтродукції, 26,8 % – перспективними, вони успішно зростатимуть лише за умов дотримання специфічних для кожного з них екологічних потреб, 24,4 % негативно реагуватимуть на дію одного чи кількох малоконтрольованих факторів місця потенційної інтродукції та потребуватимуть використання спеціальної технології вирощування (Додаток А, таблиця).

В умовах НБС НАНУ успішно інтродуковані рослини шести видів: *P. ambigua*, *P. campanella*, *P. grandis*, *P. montana*, *P. nigricans*, *P. vulgaris* (Додаток А., Рис.). Усі вони характеризуються стійким стабільним феноритмотипом, зберігають послідовність проходження фенофаз, в залежності від погодних умов дещо змінюються лише їх календарні дати. Рослини щорічно проходять повний цикл розвитку, зав'язують повноцінне насіння, дають поодинокий самосів, темпи онтогенезу дещо прискорені порівняно з рослинами відповідних видів у їх природних ареалах.

За результатами вивчення морфогенезу шести вище згаданих видів в умовах культури, виявлено, що в перший рік вегетації рослини проходять вікові стани проростка, ювенільний та іматурний; на другий рік вегетації – віргінільний. До кінця другого року вегетації закладаються генеративні пагони і на третій рік всі види вступають у фазу квітання і плодоношення. Більш швидкі темпи розвитку характерні для близько 28 % *P. vulgaris*, 16 % *P. nigricans*, 11 % *P. ambigua*, *P. montana*, особини яких проходять вікові стани: проростка, ювенільний, іматурний, віргінільний за перший рік вегетації і до кінця осіннього періоду мають повністю сформований зачатковий генеративний пагін. У стані проростка у рослин усіх досліджених видів відмічено подібну морфологічну будову, яка дещо різниться за формою і розмірами. Проростання надземне. Головний корінь – стрижневий, ниткоподібний, починають відростати бічні корінці. Сім'ядолі асиміляційні, видовженоовальні з суцільним краєм. Черешки довгі, при основі зрослі в сім'ядольну трубку, яка з часом видовжується, гіпокотиль короткий і майже не витягується в процесі росту. Фаза проростка триває 1–1,5 місяця.

У ювенільному стані особини мають від одного до трьох справжніх листків на довгих черешках. Листкова пластинка простої форми від трійчастонадрізної до трійчастороздільної, середній сегмент третього листка може мати зубчики у верхній частині. Епикотиль відсутній. Сповільнюється ріст головного кореня й інтенсивно наростають бічні корені першого і другого порядку. Спостерігається контрактильність головного кореня. Сім'ядолі продовжують функціонувати.

В іматурному віковому стані тривають подальші морфологічні зміни органів рослин. Листкові пластинки за формою наближаються до пластинок дорослих особин, збільшується ступінь їх розсіченості. Продовжується моноподіальний ріст укороченого головного пагона. Кількість листків у розетковому пагоні становить 3–5 шт. Біля поверхні ґрунту закладаються пазушні вегетативні бруньки. Система бічних коренів добре розвинена. Гіпокотиль повністю втягується в ґрунт. Сім'ядолі поступово втрачають свої функції і відмирають.

У віргінільному стані збільшується кількість прикореневих листків, а їх пластинки за формою та розмірами відповідають таким як у дорослих особин. Пагони наростають моноподільно. Спостерігається початок галузнення осі сіянців, розвиваються пазушні вегетативні бруньки.

Формується розгалужене гіпогеогенне, ортотропно наростаюче кореневище. У нижніх вузлах пагона з'являються додаткові корені.

Генеративні особини характеризуються галузистим кореневищем, галузистість якого з віком зростає. Бруньки поновлення розвиваються на рівні ґрунту, нижче на кореневищі наявні сплячі бруньки. Пагони розвиваються двох типів: поліциклічні моноподіальні вегетативні розеткові і моноциклічні пазушні видовжені олистнені генеративні (рис. 5.1), які відмирають після дозрівання насіння.

З віком відбувається значне сповільнення наростання головного кореня, інтенсивний ріст бічних і додаткових коренів. Розгалужена стрижнева коренева система може заміщуватись змішаною кореневою системою. Для шести-семи річних рослин характерна партикуляція. Сенільний віковий стан інтродуцентів нами ще не спостерігався. Після десяти років вегетації партикуляція особин посилюється.

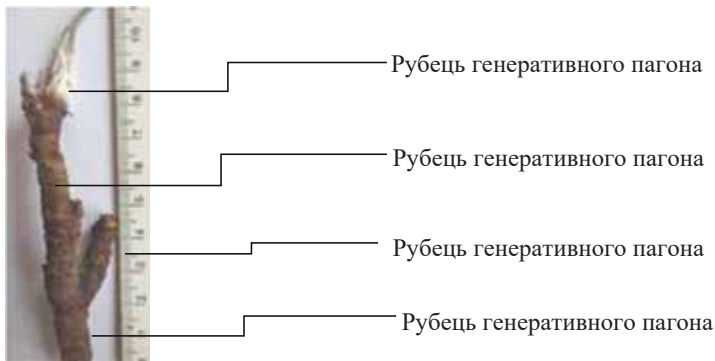


Рис. 5.1. Моноподіальне наростання пагона *P. vulgaris*.

Основний спосіб розмноження *Pulsatilla* насінний. За кількістю насінних зачатків на елементарну одиницю, згідно з класифікацією І.В. Вайнагія (Вайнагій, 1974), досліджувані види відносяться до групи видів, яким властива велика кількість насінних зачатків. Едафо-кліматичні умови культивування інтродуцентів сприяють високому рівню зав'язування насіння у видів: *P. vulgaris* 92,1 %, *P. campanella* 79,8 %, *P. grandis* 71,2 %, *P. montana* 69,8 % та середньому – у *P. nigricans* 53,5 %, *P. ambigua* 42,7 %. Найбільш висока фактична насінна продуктивність характерна видам з високою інтенсивністю розвитку генеративних пагонів (табл. 5.1).

Для насіння досліджуваних видів властивий уповільнений тип проростання. Показники енергії проростання та лабораторної схожості різняться і значною мірою залежать від регіону походження виду. Найбільші їхні значення властиві для насіння європейських видів: *P. grandis*, *P. montana*, *P. vulgaris*, азійським видам притаманні дещо нижчі дані (табл. 5.2).

Таблиця 5.1

**Показники насінної продуктивності п'ятирічних рослин видів роду  
*Pulsatilla***

Вид <i>Pulsatilla</i>	Кількість насінних зачатків, шт./плід	Кількість зрілого насіння, шт./плід	Зав'язування насіння, %	Потенційна насінна продуктивність, шт./генеративний пагіт	Фактична насінна продуктивність, шт./генеративний пагіт
<i>P. ambigua</i>	180±12.1	77±5.8	42.7	2880±21.6	1232±16.8
<i>P. campanella</i>	134±8.6	107±8.1	79.8	2680±18.8	2140±18.2
<i>P. grandis</i>	116±12.6	82±7.8	71.2	6032±22.9	4264±17.7
<i>P. montana</i>	169±13.4	118±9.1	69.8	4732±22.4	3304±19.6
<i>P. nigricans</i>	211±7.4	113±6.2	53.5	9284±18.9	4972±17.6
<i>P. vulgaris</i>	134±7.7	123±5.1	92.1	6432±17.6	5904±16.2

Таблиця 5.2

**Посівні якості насіння інтродукованих видів роду *Pulsatilla***

Вид	У період збору		Через III місяці після збору		Через III роки після збору	
	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %	енергія проростання, %	лабораторна схожість, %
<i>P. ambigua</i>	22,8±0,26	36,4±0,17	31,6±0,20	54,1±0,17	29,7±0,19	48,2±0,12
<i>P. campanella</i>	44,5±0,30	76,7±0,19	59,9±0,24	91,2±0,16	56,3±0,23	61,3±0,17
<i>P. grandis</i>	51,6±0,31	88,4±0,17	68,7±0,21	96,7±0,17	61,3±0,22	62,9±0,14
<i>P. montana</i>	29,8±0,28	63,4±0,16	38,1±0,22	71,2±0,14	34,6±0,24	59,1±0,19
<i>P. nigricans</i>	24,6±0,27	41,1±0,11	32,6±0,19	65,4±0,15	28,5±0,21	56,7±0,16
<i>P. vulgaris</i>	31,6±0,31	69,8±0,19	62,1±0,21	86,7±0,11	46,9±0,23	52,4±0,14

Встановлено, що при зберіганні насіння у лабораторних умовах (18–25 °С) життєздатність зберігається не більше двох років. При пониженні температури зберігання до + 5 °С, темпи зниження посівних якостей

насіння сповільнюються. Інтродуковані в НБС види роду *Pulsatilla* здатні до стабільного плодоношення, характеризуються достатньо високими показниками продуктивності та якості насінного матеріалу, що робить їх перспективними для насінництва в умовах Правобережного Лісостепу України.

Веgetативне розмноження обмежене біолого-морфологічними особливостями рослин. Коефіцієнт вегетативного розмноження 5-ти річних особин становить від  $22 \pm 1,78$  до  $68 \pm 3,04$  шт/рослину. Відсоток укорінених живців за умов контролю зволоження становить 56–82 %. Рекомендовано використовувати для живцювання рослини 4–7 річного віку, в яких сформувався уже достатньо розгалужене кореневище ще не ослаблене процесами партикуляції.

Згідно з візуальними багаторічними польовими дослідженнями, в умовах культури встановлено високу зимо- і посухостійкість рослин *P. ambigua*, *P. campanella*, *P. grandis*, *P. montana*, *P. nigricans*, *P. vulgaris*. Інтродуценти дуже добре переносять тривалі засухи, під час яких в'янення рослин не спостерігається.

Проведено лабораторні дослідження, щодо визначення інтенсивності транспірації, водного дефіциту та водоутримуючої здатності рослин чотирьох видів роду *Pulsatilla* (*P. grandis*, *P. montana*, *P. ambigua*, *P. vulgaris*). Найменший водний дефіцит при несприятливих кліматичних умовах спостерігався у *P. montana*, найбільший – у *P. vulgaris* (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

**Водний дефіцит рослин видів роду *Pulsatilla***

Вид	Рік	Маса проби до насичення водою, г	Маса проби після насичення водою, г	Маса проби в абсолютному сухому стані, г	Водний дефіцит, %
<i>P. montana</i>	2020	1,0879	1,3414	0,2444	23,11
	2021	23,8753	24,1508	22,2686	14,64
<i>P. ambigua</i>	2020	1,5480	1,9238	0,3365	23,67
	2021	23,5751	23,9966	21,6823	18,31
<i>P. grandis</i>	2020	2,0883	2,7037	0,4191	26,94
	2021	23,4924	23,9415	22,2688	26,84
<i>P. vulgaris</i>	2020	2,2019	2,8034	0,4506	25,26
	2021	23,2430	23,9658	21,4204	28,39

Дослідження водоутримуючої здатності *P. grandis*, *P. montana*, *P. ambigua*, *P. vulgaris* показало, що листки протягом чотирьох годин втрачають максимальний відсоток води 12,47 % у *P. montana*, мінімальний – 7,8 % у *P. ambigua*. Динаміка втрати води у всіх видів поступова і наростаюча (рис. 5.2).

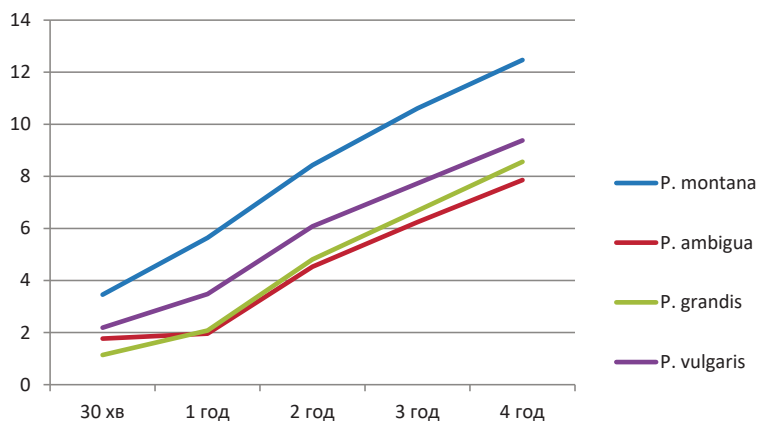


Рис. 5.2. Водотримуюча здатність (%) рослин видів роду *Pulsatilla*.

За багаторічний період поповнено колекційний фонд малопоширених багаторічників та розпочато інтродукційні дослідження з п'ятьма видами: *P. albana* (Stev.) Bercht. & J. Presl, (L.) Delarbre, *P. chinensis* (Bunge) Regel, *P. rubra* (Lam.) Delarbre, *P. zimmermannii* Soó.

#### 5.4. Збереження, поповнення генофонду та інвентаризація колекції, вивчення інтродукційного потенціалу представників підроду *Limniris* роду *Iris* L.

До колекційного фонду підроду *Limniris* залучено 4 види та 23 сорти (17 з них належать до садової групи Сибірських ірисів, 6 – Спурія та 4 – Луїзіанських). На сьогодні її чисельний склад становить 9 видів та різновидів і 64 сорти.

Під час виконання теми проведено інвентаризацію існуючої колекції підроду *Limniris*, доповнено залученими новими перспективними видами та сортами для збагачення колекційного фонду і асортименту рослин для використання в ландшафтному будівництві та селекційній роботі.

За допомогою мережі Інтернет та візуального аналізу колекційних фондів найвагоміших українських колекціонерів, проведено ідентифікацію спірних сортів колекції. Складено перелік потенційно перспективних сортів для мобілізації їх до колекційного фонду НБС імені М.М.Гришка НАН України з метою їх подальшого використання у інтродукційній та селекційній роботі. Серед підібраних сортів найбільша частка (47 культиварів) належать до садової групи Сибірських ірисів, з них 11 сортів вітчизняної селекції, 19 – Спурія (7 сортів українських авторів) та 12 – Луїзіанських.



Значна увага під час виконання теми приділялась дослідженню інтродукційного потенціалу Луїзіанських ірисів, культури досить нової для України та у науковому плані в наших ґрунтово-кліматичних умовах не дослідженою.

В природних умовах більшість видів цієї групи виявлено в низинах річки Міссісіпі (США), там, де вона протікає по землях штату Луїзіана. Луїзіанських ірисів налічується 5 видів (*I. brevicaulis* Raf., *I. fulva* Ker-Gawl., *I. giganteaerulea* Small, *I. hexagona* Walt., *I. nelsonii* Randolph), які згруповані в окрему серію Шестиреберних ірисів (series *Hexagonae*). Об'єднуючою їхньою ознакою є 6 чітко виступаючих на зрілих насінних коробочках попарно зближених ребер, тому у квітникарській літературі вони іноді згадуються під назвою шестиреберних (Родионенко, 2002). Усі види походять із південних і південно-східних районів США.

Своєрідним каталізатором в розвитку культури Луїзіанських ірисів стали роботи американського ботаніка Д. Смолла, якому в 30-х роках ХХ ст. пощастило відкрити в низовинах річки Міссісіпі найбагатшу популяцію природних гібридів. Надалі селекційний процес зосередився в США і окремі сорти були створені в Австралії.

Враховуючи кліматичні умови, в яких зростають видові Луїзіанські іриси в природі, а це регіони здебільшого з вологим субтропічним кліматом, в яких у зимовий період температура майже ніколи не опускається нижче 0°C, тому інтродукція цих рослин в регіони з помірно континентальним кліматом, до яких належить Україна, є доволі проблематичною.

Перший інтродукційний досвід культури Луїзіанських ірисів у країнах колишнього СРСР належить Петербурзькому ботанічному саду, якому у 1985 р. американський селекціонер Р.Д. Уар подарував частину своїх кращих сортів (Родионенко, 2002). Інтродукційні дослідження з Луїзіанськими ірисами в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України було розпочато 2005 року, коли у одній з садових фірм було придбано сорт 'Sinfonietta' (Raabe, R, 1987). Наступна спроба інтродукції була зроблена 2016 року. До колекційного фонду залучено 16 сортів останніх 20 років селекції 'Peaches In Wine', 'Wizard Of Aussie', 'Declassee', 'For Dad', 'Hail Mary', 'Simply Irresistible', 'Crème Freeze', 'Oh Happy Day', 'Mad About You', 'Bound For Glory', 'Elaine's Wedding', 'Land Of Cotton', 'Little Ruby Slippers', 'Hollywood Ending', 'Our Dorothy', 'Inn-Keeper'.

Аналіз сучасного культигенного ареалу представників підроду *Limniris* та існуючих світових селекційних центрів дозволив узагальнити інформацію та виявити країни, які є осередками інтродукційного та селекційного процесу з представниками підроду *Limniris* (рис. 5.3).

З'ясовано, що найбільші колекційні фонди садової групи Сибірських ірисів сконцентровані в США, Канаді, Японії, Німеччині, Росії, Франції, Нідерландах, Китаї, Україні. Найактивніше селекційна робота з ними проводиться у США, Японії, Німеччині, Росії.

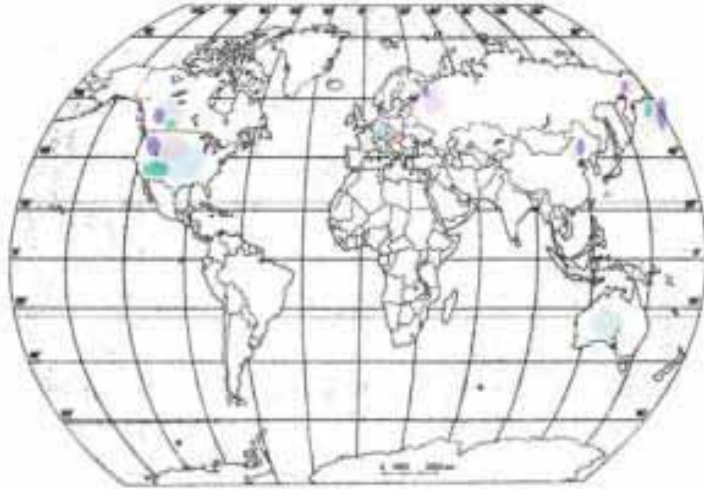


Рис. 5.3. Основні інтродукційні та селекційні центри представників підроду *Limniris* у світі. Садові групи:

- Японські (JA) та інші вологолюбні (*I.x pseudacorus*, PSEUDATA);
- Спурія (SPU);
- Сибірські (SIB)
- Луїзіанські (LA)

Основну увагу наших досліджень було присвячено вивченню одного з найбільш лімітуючих факторів для поширення рослин підроду *Limniris*, а саме зимостійкості рослин. Адже наслідки перезимівлі рослин найбільше впливають на їх загальний декоративний стан, продуктивність квітнування та репродукційну здатність. Проведено польову оцінку зимостійкості представників підроду *Limniris*, а саме 23 культиварів та 2 форми Сибірських ірисів, 15 культиварів Луїзіанських ірисів та 12 сортів ірисів Спурія за 5-ти бальною шкалою і враховано: стан рослин після зимового періоду, наявність ушкоджень вегетативних органів (листіків та кореневищ), наявність генеративних пагонів тощо (табл. 5.4, 5.5).

Для рослин 50 сортів і 2 форм була проведена комплексна інтродукційна оцінка (Додаток Б, таблиця). При оцінці кожного показника використовували трьохбальну шкалу. Виділення кращих видів та культиварів проводилось шляхом підсумовування балів за всіма показниками. За сумарною оцінкою сорти і форми було розділено на три групи: МП – малоперспективні (11 балів і менше); П – перспективні (11–14); ВП – високоперспективні (15–18).

Види, віднесені до категорії малоперспективних, придатні для обмеженого використання: вирощування в колекційних фондах та експозиціях, а також в аматорському квітникарстві при забезпеченні особливого індивідуального догляду. Перспективні та високоперспективні види рекомендовано використовувати в масовому озелененні міст та населених пунктів.

Таблиця 5.4

**Візуальне оцінювання зимостійкості культиварів Луїзіанських ірисів з серії Hexagonae (Limniris) за 5-ти бальною шкалою**

Сорт	Загальний стан рослин після зимового періоду, балів <sup>1</sup>	Наявність ушкоджень вегетативних органів (листіків та кореневищ), балів <sup>1</sup>	Наявність генеративних пагонів <sup>2</sup>	Сума, балів
Little Ruby Slippers	2	2	1	<b>5</b>
Declassee	2	2	1	<b>5</b>
Our Dorothy	2	2	1	<b>5</b>
Hollywood Ending	2	2	1	<b>5</b>
Inn-Keeper	2	2	1	<b>5</b>
For Dad	2	1	1	<b>4</b>
Simply Irresistible	2	2	0	<b>4</b>
Bound For Glory	2	1	1	<b>4</b>
Mad About You	1	2	1	<b>4</b>
Wizard of Aussie	2	1	1	<b>4</b>
Hail Mary	1	1	1	<b>3</b>
Crème Freeze	1	1	1	<b>3</b>
Elaine's Wedding	2	1	0	<b>3</b>
Oh Happy Day	1	1	1	<b>3</b>
Land of Cotton	1	1	0	<b>2</b>

Примітка: 1 – коефіцієнт значущості ознаки – 2;

2 – коефіцієнт значущості ознаки – 1.

Таблиця 5.5

**Зимостійкість культиварів Сибірських ірисів з серії Sibiricae (Limniris) та Spuria ірисів з серії Spuriae (Limniris) (візуальне оцінювання за 5-ти бальною шкалою)**

Сорт	Загальний стан рослин після зимового періоду, балів <sup>1</sup>	Наявність ушкоджень вегетативних органів (листіків та кореневищ), балів <sup>1</sup>	Наявність генеративних пагонів <sup>2</sup>	Сума, балів
1	2	3	4	5
<i>I. sibirica</i> `Riverdance`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Elegance And Simplicity`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Here Be Dragons`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Emily Anne`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Fond Kiss`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `White Swirl`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Heartwave`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `So Be It`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Over In Gloryland`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Off She Goes`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Linda Mary`	2	2	1	5

Закінчення табл. 5.5

1	2	3	4	5
<i>I. sibirica</i> `Vals Katuni`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Bliki`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Jewelled Crown`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Super Ego`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Caesar Brother`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Butter And Sugar`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> f. <i>alba</i> L.	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Blueberry Fire`	2	2	1	5
<i>I. versicolor</i> `Candy Striper`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Ipon a Heart`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Molfar`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Meganome`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Veles`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Mahogany Lord`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Peak Alone`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Moldova`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Lenkoran`	2	2	1	5
<i>I. spuria</i> `Frigia`	2	2	1	5
<i>I. sibirica</i> `Viel Crème`	1	2	1	4
<i>I. sibirica</i> `Bells And Whistles`	1	2	1	4
<i>I. sibirica</i> `Prophets Kiss`	1	2	1	4
<i>I. sibirica</i> `Dreaming Yellow`	1	2	1	4
<i>I. sibirica</i> `Blue King`	1	2	1	4
<i>I. sibirica</i> `Francos Debal`	1	2	1	4
<i>I. spuria</i> `Lavender Waves`	2	2	0	4
<i>I. spuria</i> `Sunrise In Senora`	1	1	1	3
<i>I. sibirica</i> `Uncorked`	1	1	0	2

Примітка: 1 – коефіцієнт значущості ознаки – 2; 2 – коефіцієнт значущості ознаки – 1.

За результатами комплексної інтродукційної оцінки встановлено, що 83% колекційного фонду є високоперспективними і перспективними для озеленення в умовах Полісся і Лісостепу України. До високоперспективних сортів належать 10 культиварів та 2 форми садової групи Сибірських ірисів (Додаток Б, таблиця, додаток Б, рис.), 8 культиварів Спурія ірисів та 1 культивар – Луїзіанських ірисів. До групи перспективних – 13 культиварів Сибірських, 10 – Луїзіанських, 2 – Спурія. Всі інші культивари належали до неперспективних рослин.

Основними напрямками селекційної роботи є створення сортів з такими господарсько-біологічними ознаками як: стійкість до хвороб та шкідників, висока продуктивність та ясність квітування, високий коефіцієнт вегетативного розмноження, раннє та ремонтантне квітування; а також декоративними ознаками – з оригінальним забарвленням квітки, з округлою та “шестиголовою” формою квітки (для Садової групи Сибірських ірисів) та низькорослими і компактними рослинами (для ірисів Спурія).

Проведено первинну інтродукційну оцінку 150 сіяньців (110 зразків Сибірських ірисів та 40 ірисів Спурія), отриманих в результаті направленої селекції сортів, які вступили в генеративну фазу. З них 7 сіяньців *I. sibirica* та 3 – *I. spuria* відібрано як кандидати у сорти і на сьогодні вони проходять комплексне інтродукційне оцінювання. Проведено підбір потенційно перспективних комбінацій батьківських пар (86 комбінацій). З них в 46 комбінаціях отримано понад 400 сіяньців, більшість з яких вступили в генеративну фазу.

### **5.5. Створення генофонду сортів півоній групи ITO (Itoh Group) та встановлення особливостей їх росту та розвитку в умовах інтродукції**

Протягом багаторічного періоду в НБС створено колекцію рослин сортів Itoh Group роду *Paeonia*, яка налічує 25 Iто-сортів, більшу частину яких становлять сорти американського селекціонера Роджера Андерсона (R. Anderson) 1980–1990 рр. селекції, які вперше були отримані ботанічним садом в 2008 році (Додаток В, рис. В.1). Сорти Андерсона виведено на основі гібридів *P. lactiflora*, зокрема немахрового світло-рожевого ‘Martha W’. В гібридизації він широко використовував пилок сорту ‘Golden Era’ та інших сіяньців із Lutea Group селекціонера Девіда Ріта (D. Reath).

У 2011 році до колекції було залучено гібриди Тоїчі Іто: ‘Yellow Crown’, ‘Yellow Dream’, ‘Yellow Heaven’, ‘Yellow Emperor’ (Додаток В, рис. В.2). Пізніше колекцію поповнено сортами 1980-х рр. селекції Дона Холлінгсвута (D. Hollingsworth): ‘Border Charm’, ‘Garden Treasure’, ‘Prairie Charm’, які мають таке ж походження, як і сорти Т. Іто.

У колекції присутні сорти серії Sonoma відомого селекціонера Ірен Толомео (I. Tolomeo): ‘Sonoma Apricot’ та ‘Sonoma Velvet Ruby’ (Додаток В, рис. В.3). Сорти було створено автором на основі сіяньців Lactiflora Group, сортів (‘Golden Era’, ‘Boreas’) та сіяньців Lutea Group Девіда Ріта.

Аналіз основних морфолого-біологічних параметрів культивованих рослин показав, що в колекції переважають сорти з напівмахровою формою квітки: ‘Border Charm’, ‘Callie’s Memory’, ‘Cora Louise’, ‘First Arrival’, ‘Garden Treasure’, ‘Hillary’, ‘Old Rose Dandy’, ‘Prairie Charm’, ‘Sonoma Apricot’.

В умовах НБС рослини зберігають усі свої декоративні характеристики. Однак у сортів ‘Lollipop’, ‘Pastel Splendor’, ‘Motning Lilac’, ‘Hillary’ та ‘Julia Rose’ спостерігається нестійкість форми та забарвлення квіток. Зафіксована значна морфологічна мінливість квіток за ступенями прояву ознак: “тип квітки”, “кількість пелюсток”, “основне забарвлення”, “поширення вторинного забарвлення” та “гінецей: кількість маточок” (рис. 5.4).

Наші спостереження за ростом та розвитком рослин півоній Іто-групи в умовах Києва показали, що весняне відростання пагонів (розкриття

бруньок та початок росту пагонів) розпочинається в другій половині березня. Відомо, що розвиток рослин розпочинається лише в тому випадку, коли середньодобова температура перевищує їхній біологічний мінімум, який для півоній складає 5 °С.



Рис. 5.4. Морфологічна мінливість квіток у рослин півоній сортів **Itoh Group**: 'Lollipop' (А) та 'Pastel Splendor' (Б) за ступенями прояву ознак: “тип квітки”, “кількість пелюсток”, “основне забарвлення”, “поширення вторинного забарвлення” та “гінецей: кількість маточок”

Було встановлено, що в середньому за 4 роки фаза відростання для сортів: 'Bartzella', 'Cora Louise', 'First Arrival', 'Hillary', 'Julia Rose', 'Lollipop', 'Morning Lilac', 'Old Rose Dandy', 'Scarlet Heaven', 'Sonoma Apricot', 'Yellow Dream', 'Yellow Emperor', 'Yellow Heaven', 'Yellow Waterlily' наступала 23–27 березня  $\pm$  6–8 діб при сумі ефективних температур понад 20 °С, а для сортів: 'Border Charm', 'Callie's Memory', 'Garden Treasure', 'Kopper Kettle', 'Pastel Splendor', 'Prairie Charm', 'Sonoma Velvet Ruby', 'Viking Full Moon', 'White Emperor', 'Yankee Doodle Dandy' – 28 березня–2 квітня  $\pm$  4–6 діб, коли сума ефективних температур перевищувала 30 °С (рис.5.5). Показник стандартного відхилення для пізніх сортів був меншим порівняно з ранніми, що зумовлено вже більш стабільним накопиченням суми ефективних температур в різні роки їх вегетації.

У третій декаді квітня відмічається активний ріст пагонів півоній. Їх висота в цей період становить 17–27 см. (рис. 5.6). Досліджувані рослини вступають у фазу розгортання листків (листова пластинка набуває характерної для неї форми, але ще не досягає нормального розміру) при сумі ефективних температур 153,8–164 °С. Для ранньовідростаючих сортів вона розпочиналася 23–25 квітня  $\pm$  2–3 доби, для пізніх 26–28 квітня  $\pm$  2 доби.

Квітування наступало в III декаді травня на 60–64 добу вегетації рослин. Спостереження показали, що квітування ранніх сортів розпочинається при сумі ефективних температур  $\geq$  400 °С. Сорти середньої групи зацвітають, коли сума температур сягає 450 °С. Для початку квітування сортів пізньої групи необхідно щоб сума ефективних температур складала 500 °С.

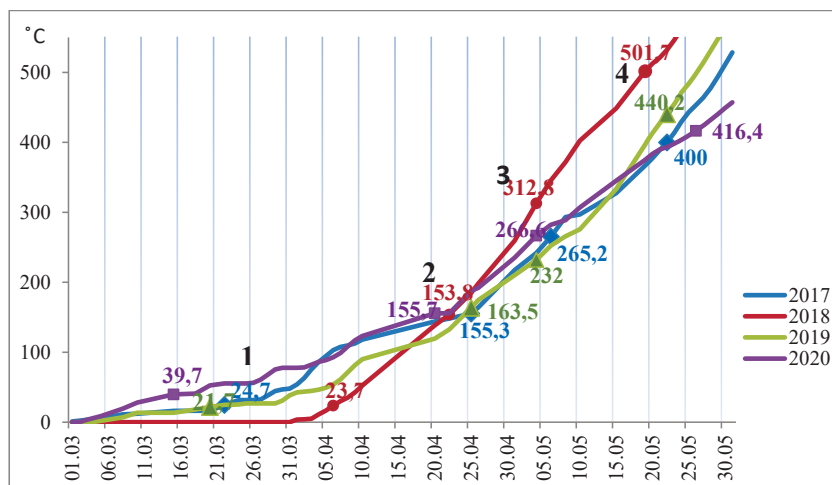


Рис. 5.5. Мінливість настання фенологічних фаз розвитку ранніх сортів півоній Itoh Group в залежності від суми ефективних температур повітря: 1 – фаза відростання, 2 – розгортання листків, 3 – бутонізація, 4 – квітування

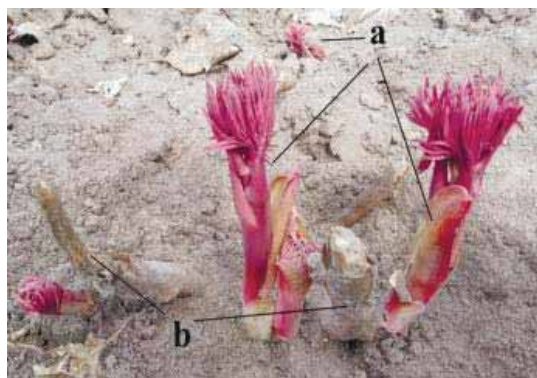


Рис. 5.6. Рослини сорту ‘Old Rose Dandy’ у фазі відростання: а – монокарпічні пагони поточного року вегетації, б – монокарпічні пагони минулого року вегетації

Початок настання фази квітування дозволив розділити сорти Itoh Gr на три фенологічні групи: ранньоквітуючі (22–25 травня  $\pm$  2–3 доби), середньо – (26–28 травня  $\pm$  3–5 діб) та пізньоквітуючі (29–31 травня  $\pm$  4–6 діб) (табл. 5.6, рис. 5.7).

Початок квітування рослин пов'язаний з початком вегетації. Ранньо- та середньоквітуючі сорти характеризувалися раннім відростанням.

Таблиця 5.6

**Класифікація сортів півоній Itoh Group за початком квітування**

Фенологічна група	Сорти
Ранньоквітуючі (22–25 травня $\pm$ 2–3 доби)	'First Arrival', 'Hillary', 'Julia Rose', 'Morning Lilac', 'Old Rose Dandy', 'Sonoma Apricot'
Середньоквітуючі (26–28 травня $\pm$ 3–5 діб)	'Bartzella', 'Callie's Memory', 'Cora Louise', 'Lollipop', 'Scarlet Heaven', 'Yellow Dream', 'Yellow Emperor', 'Yellow Heaven', 'Sonoma Velvet Ruby', 'Yellow Waterlily'
Пізньоквітуючі (29–31 травня $\pm$ 4–6 діб)	'Border Charm', 'Garden Treasure', 'Kopper Kettle', 'Pastel Splendor', 'Prairie Charm', 'Viking Full Moon', 'White Emperor', 'Yankee Doodle Dandy'

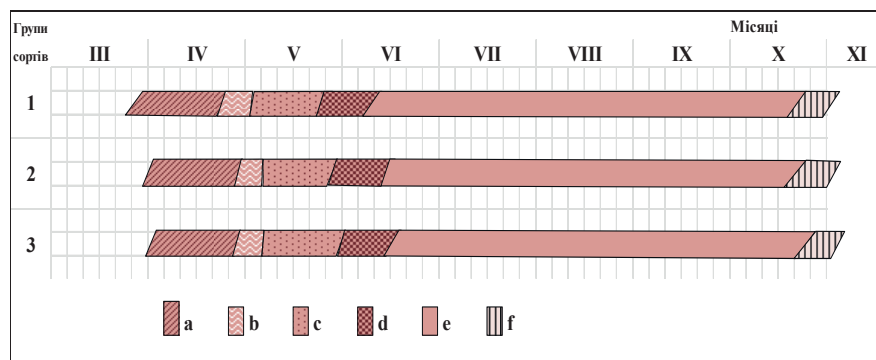


Рис. 5.7. Феноспектри розвитку інтродукованих сортів півоній Itoh Group впродовж вегетаційного періоду з III по X місяць:

1 – ранньоквітуючі, 2 – середньоквітуючі, 3 – пізньоквітуючі сорти.

Фенологічні фази: a – відростання; b – розгортання листків; c – бутонізація; d – квітування; e – вегетація; f – закінчення вегетації

За початком квітування сорти досліджуваної Itoh Group займають проміжне положення порівняно з сортами інших садових груп півоній. Тоді як настання фази квітування сортів Suffruticosa в умовах Києва спостерігається 06–10 травня, Herbaceous Hybrids – 12–14, Lutea Hybrids – 18–20 травня. Сорти Lactiflora масово цвітуть у першій половині червня. Масове квітування сортів Itoh припадає на кінець травня. В цей час вони



забезпечують безперервність квітування півоній в цілому, з травня по червень – протягом двох місяців.

Фаза квітування рослин тривала 9–16 діб  $\pm$  3–4 доби. Вона залежала від сортових особливостей рослин та визначалася продуктивністю квітування. Продуктивність квітування на третій рік культивування становила від  $4,5 \pm 1,5$  до  $16,0 \pm 3,0$  генеративних пагонів на рослину (рис. 5.8). Пагоноутворююча здатність при цьому на третій рік культивування становить від  $6,0 \pm 2,5$  (для сортів Pastel Splendor і Yellow Waterlily) до  $19,0 \pm 3,5$  (Bartzella) та  $19,5 \pm 4,0$  (Morning Lilac) пагонів на рослину.

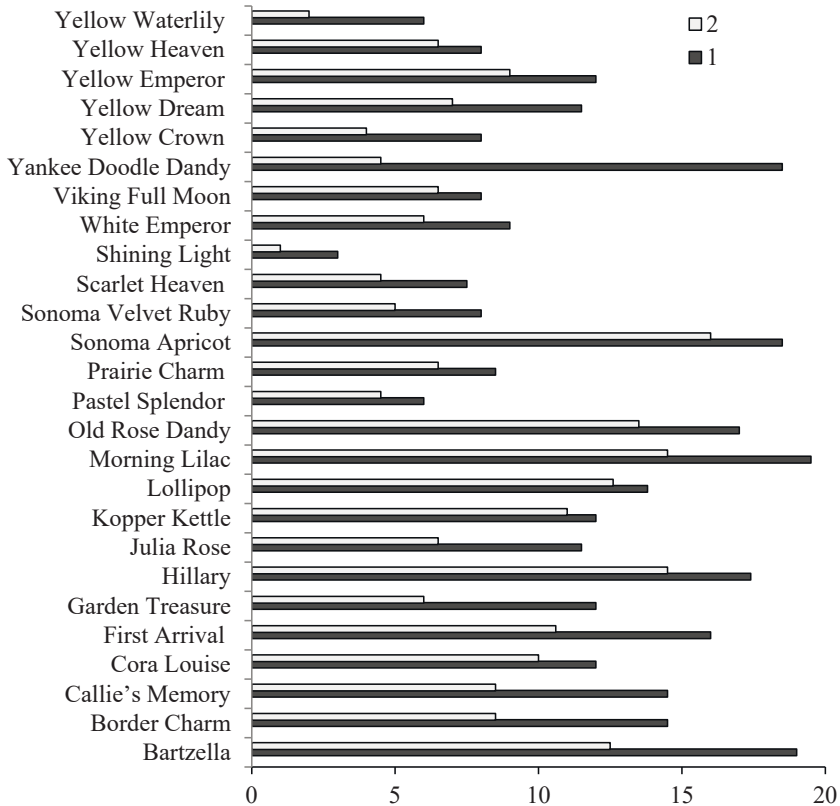


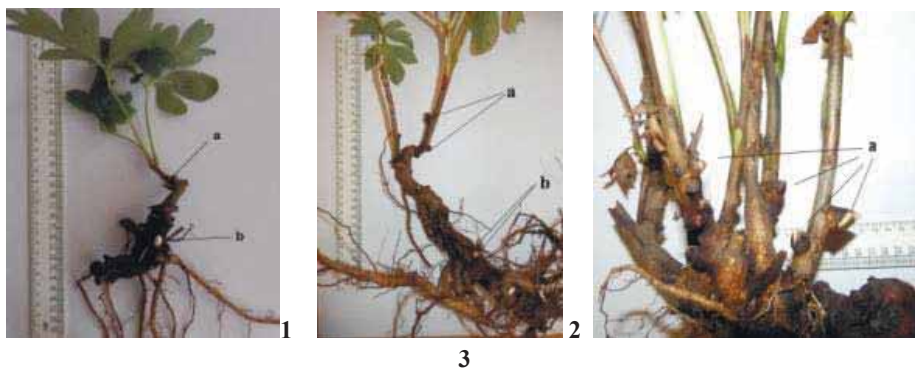
Рис. 5.8. Пагоноутворююча здатність (1) та продуктивність (2) квітування сортів півоній Itoh Gr на третій рік культивування (пагонів на рослину)

На четвертий рік вирощування було зафіксовано зростання показників продуктивності на  $20,2 - 44,4$  %. При цьому вона коливалася від  $6,5 \pm 2,0$  до  $20,0 \pm 2,5$  пагонів на рослину. В цілому високу продуктивність квітування та його тривалість під час випробування показали сорти: 'Sonoma Apricot', 'Hillary', 'Bartzella', 'Morning Lilac', 'Lollipop', 'First Arrival'. Найменшу кількість генеративних пагонів формували: 'Pastel Splendor', 'Sonoma Velvet Ruby', 'White Emperor', 'Callie's Memory', 'Prairie Charm'.

Швидке зростання суми ефективних температур під час квітання рослин також впливало на його тривалість. Так, в 2018 році тривалість квітання сортів була на 4–5 діб меншою порівняно з 2019 роком. Різне зростання суми ефективних температур понад 700°C на початку червня 2018 року спричинило закінчення фази квітання в ранніх сортів вже 5 червня.

Після завершення фази квітання рослини продовжують вегетацію, зберігаючи декоративність до кінця жовтня – перших чисел листопада. Загалом тривалість вегетації становила 218–225 діб.

Дослідження морфологічних особливостей монокарпічних пагонів півоній Itoh Gr показало, що в умовах НБС генеративні рослини досліджуваних сортів Іто-групи складаються з кореневища, сформованого з нижніх частин 2–8 материнських пагонів декількох порядків, 2–14 пагонів поточного року квітання та бруньок поновлення різних порядків та типів (рис.5.9). В залежності від сорту, пагони поточного року квітання можуть бути закладені як на кореневищній частині, так і на нижній здерев'янілій стебловій частині материнського пагона минулого року квітання.



**Рис. 5.9. Нижня частина рослин півонії сортів Itoh Group:**

а – стеблові бруньки, b – кореневищні бруньки; 1–‘Yellow Waterlily’,  
2–‘Border Charm’, 3–‘Yellow Emperor’ (кінець вегетації)

Довжина нижньої здерев'янілої частини стебла материнського пагона коливається від 2 до 14 см і є найдовшою у сортів ‘Yellow Emperor’ та ‘Yellow Crown’. Кореневищна частина материнського пагона завширшки від 0,8 до 2,2 см та завдовжки 1,2–8,5 см. Крім повністю сформованих генеративних пагонів, в пазухах листків нижньої здерев'янілої частини стебла та в зоні вкорочених міжвузлів кореневища закладено від 1 до 6 сплячих бруньок завдовжки 0,2–0,5 см. У деяких сортів (‘Border Charm’, ‘First Arrival’) наявні і недорозвинуті вкорочені або подовжені вегетативні пагони.

Встановлено, що рослини входили у стан зимового спокою із закладеними 2–4 бруньками поновлення на кореневищній частині кожного

монокарпичного пагона. Конуси наростання вегетативно-генеративних бруньок в кінці вегетації материнських рослин перебували в генеративному стані: присутні зачатки частин оцвітини, тичинок та маточки, які активно продовжували формуватися до кінця квітня (рис. 5.10).

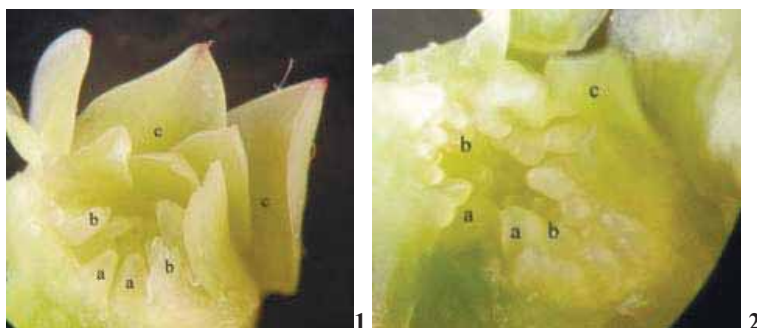


Рис. 5.10. Формування генеративних органів в бруньках поновлення рослин півоній Itoh Group сортів ‘Old Rose Dandy’ (1) та ‘Hillary’ (2): а – зачатки маточок, б – тичинок, с – пелюсток (середина квітня)

Проведено оцінку зимостійкості усіх інтродукованих Іто-сортів. Зимостійкість рослин визначали оцінюванням таких показників, як: стійкість до підмерзання, стійкість до випрівання (для досліджуваних сортів вона становила 9 балів (відсутні або дуже слабкі поодинокі пошкодження бруньок та пагонів). Стійкість рослин до весняних заморозків також становила 9 балів. Посухостійкість було визначено у 8 балів.

У липні та серпні спостерігалось ураження сортів: ‘Bartzella’, ‘Kopper Kettle’, ‘Lollipop’, ‘Morning Lilac’, ‘Callie’s Memory’, ‘Scarlet Heaven’, ‘Viking Full Moon’ борошнистою росю. Ступінь ураження становив від 5–10 % у сорту ‘Morning Lilac’, до 36–50 % – в ‘Kopper Kettle’. У ‘Sonoma Velvet Ruby’ фіксувалась бура плямистість листків. Ступінь ураження рослин цього сорту коливався в межах 11–35 %.

Таким чином, генофонд квітниково-декоративних рослин Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка розширено 11 видами рослин роду *Pulsatilla*, 4 видами та 23 сортами (17 з них належать до Сибірських ірисів, 6 – Spurія та 4 – Луїзіанських) рослин підроду *Limniris* роду *Iris*, 25 сортами Itoh Group роду *Paeonia*.

На основі біогеографічного аналізу та аутокологічних особливостей ксеромезофітів, мезоксерофітів та ксерофітів роду *Pulsatilla* встановлено, що 48,8 % видів є високоперспективними для подальшої інтродукції, вони потенційно здатні легко пристосовуватися до едафо-кліматичних умов вибраного місця інтродукції, 26,8 % – перспективні, рослини успішно зростатимуть лише при дотриманні певних умов специфічних для кожного з них, 24,4 % – проблемні, вони негативно реагуватимуть на дію одного чи декількох мало контрольованих факторів місця інтродукції та потребуватимуть використання спеціальної технології вирощування.

Встановлено, що перший рік вегетації рослини шести видів роду *Pulsatilla*: *P. ambigua* (Turcz. ex Hayek) Juz., *P. campanella* Fisch. ex Krylov., *P. grandis* Wend., *P. montana* (Hoppe) Rchb., *P. nigricans* Storck, *P. vulgaris* Mill в умовах культури проходять вікові стани проростка, ювенільний та іматурний; на другий рік – віргінільний. Перехід рослин до генеративного стану в умовах культури відбувається переважно на третій рік життя. Темпи онтогенезу дещо прискорені порівняно з рослинами відповідних видів у їх природних ареалах.

Веgetативне розмноження для видів роду *Pulsatilla* обмежене біоморфологічними особливостями рослин. Коефіцієнт веgetативного розмноження 5-ти річних особин становить від  $22 \pm 1,78$  до  $68 \pm 3,04$  шт./рослину. Відсоток укорінених живців за умов контролю зволоження становить 56–82 %. Наростання кореневища та формування придатних для живцювання пагонів у рослин більшості видів найбільш інтенсивно відбувається на четвертий – шостий рік розвитку.

Доведено, що основним способом розмноження *Pulsatilla* є насінний: показники фактичної насінної продуктивності становлять від  $1232 \pm 16,8$  до  $5904 \pm 16,2$  шт./рослину. Рівень реалізації потенційної насінної продуктивності в умовах культури високий для *P. vulgaris* – 92,1 %, *P. campanella* – 79,8 %, *P. grandis* – 71,2 %, *P. montana* – 69,8 % та середній для *P. nigricans* – 53,5 %, *P. ambigua* – 42,7 %.

Згідно з багаторічними польовими та лабораторними дослідженнями шести інтродукованих видів рослин роду *Pulsatilla* інтенсивності транспірації, водного дефіциту та водоутримуючої здатності чотирьох видів (*P. ambigua*, *P. grandis*, *P. montana*, *P. vulgaris*), встановлено їх високу зимостійкість і посухостійкість.

Рекомендовано *P. ambigua*, *P. campanella*, *P. grandis*, *P. montana*, *P. nigricans*, *P. vulgaris* для культивування та насінництва в умовах Правобережного Лісостепу України, що дозволить в подальшому збагатити асортимент декоративних і лікарських рослин цього регіону і знизить антропогенний вплив на природні популяції видів.

Аналіз сучасного культигенного ареалу представників підроду *Limniris* роду *Iris* та існуючих світових селекційних центрів дозволив узагальнити інформацію та виявити країни, які є осередками інтродукційного та селекційного процесу з представниками підроду *Limniris*. Найбільші колекційні фонди садової групи Сибірських ірисів сконцентровані в США, Канаді, Японії, Німеччині, Росії, Франції, Нідерландах, Китаї, Україні. Найактивніше селекційна робота з ними проводиться у США, Японії, Німеччині, Росії.

Установлено 35 перспективних сортів підроду *Limniris* (18 культиварів та 2 форми Сибірських ірисів, 10 сортів Спурія, 5 культиварів Луїзіанських) з найвищим показником зимостійкості, що оцінювався, які отримали найвищу оцінку стійкості (5 балів) до впливу високих позитивних температур.

Основними напрямками селекційної роботи є створення сортів з такими господарсько-біологічними ознаками як: стійкість до хвороб та шкідників,

висока продуктивність та ясність квітування, високий коефіцієнт вегетативного розмноження, раннє та ремонтантне квітування; а також декоративними ознаками: з оригінальним забарвленням квітки, з округлою та “шестиголовою” формою квітки (для Садової групи Сибірських ірисів) та низькорослими і компактними рослинами (для ірисів Спурія).

Створено колекцію росли сортів Itoh Group роду *Paeonia*, яка налічує 25 Іто-сортів, більшу частину яких становлять сорти Роджера Андерсона 1980–1990 рр. селекції. Дослідження генезису мобілізованих показало, що в якості батьківських компонентів найчастіше селекціонери використовували: трав’янисті сорти групи Lactiflora (‘Kakoden’ 1954 року та ‘Martha W’ 1985 року (селекціонер С. Spangler)); напівкущові сорти групи Lutea Hybrid (‘Alice Harding’ (Lemoine, 1935), ‘Golden Era’ (Reath, D.L., 1984), ‘Thunderbolt’ (Saunders, 1848)); кущові форми групи Suffruticosa.

Встановлено, що в умовах інтродукції сорти півоній Itoh Group зберігають усі свої декоративні та господарсько-біологічні характеристики. Зафіксована значна морфологічна мінливість квіток за ступенями прояву ознак: “тип квітки”, “кількість пелюсток”, “основне забарвлення”, “поширення вторинного забарвлення” та “гінецей: кількість маточок”.

Рослини півоній Itoh Group успішно проходять усі фази сезонного розвитку та встигають завершити вегетацію. За тривалістю вегетації вони належать до весняно-літньо-осінньозеленого феноритмотипу. Тривалість вегетації рослин сортів Іто-групи становить 218–225 діб.

Відмічено залежність настання та тривалості фенологічних фаз групи Іто-сортів від суми ефективних температур. Квітування сортів характеризується як пізньовесняне, триває 9–16 діб  $\pm$  3–4 доби, залежить від сортових особливостей рослин та року вирощування. Швидко наростання суми ефективних температур до 700 °С під час квітування рослин скорочує його тривалість на 4–5 доби.

Продуктивність квітування на третій рік культивування становила від 4,5 $\pm$ 1,5 до 16,0 $\pm$ 3,0 генеративних пагонів на рослину. На четвертий рік вирощування було зафіксовано зростання показників продуктивності на 20,2–44,4 %. Високу продуктивність квітування під час випробування показали сорти: ‘Sonoma Apricot’, ‘Hillary’, ‘Bartzella’, ‘Morning Lilac’, ‘Lollipop’, ‘First Arrival’.

Аналіз фенологічних спектрів сезонного розвитку рослин дозволив виділити сортимент ранньо- (22–25 травня  $\pm$  2–3 доби), середньо- (26–28 травня  $\pm$  3–5 діб) та пізньоквітучих (29–31 травня  $\pm$  4–6 діб) півоній Itoh Group, що забезпечує безперервність квітування півоній в цілому протягом двох місяців.

Встановлено, що поновлення рослин півоній Itoh Group відбувається як за рахунок бруньок, закладених на нижній частині стебла, так і за рахунок бруньок, що формуються на кореневищі. Рослини входили у стан зимового спокою з бруньками поновлення, в яких сформовані зачаткові вегетативні та генеративні пагони, які успішно зимували.

## РОЗДІЛ 6

# НАУКОВІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИРОДНИХ КРЕМНІЄВМІСНИХ БІОНАНОМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АГРОЕКОСИСТЕМ ЗА УМОВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

---

---

### 6.1. Наукові засади застосування природних кремнієвмісних біонаноматеріалів

Згідно з сучасними оцінками експертів, близько половини світової сільськогосподарської продукції втрачається внаслідок абіотичних стресів (Athar et al., 2009). Запобігти цьому можна підвищуючи стійкість сільськогосподарських рослин до тих чи інших стресових чинників за рахунок створення нових стійких сортів та гібридів. Проте традиційні стратегії селекції рослин, толерантних до стресових факторів, є відносно малоефективними, оскільки вони трудомісткі, вимагають багато часу і не піддаються прогнозуванню. Інший підхід – застосування спеціальних засобів захисту рослин.

Сучасне землеробство базується на широкому застосуванні різних за хімічною природою та походженням засобів захисту. Більшість сучасних агрохімікатів є чужорідними для природних екосистем, тому порушують екологічні зв'язки між компонентами агроекосистем, зокрема змінюють склад та чисельність ґрунтової біоти, зменшують вміст гумусу у ґрунті та збільшують емісію парникових газів. Тому розробка більш досконалих екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур є одним з найбільш актуальних і перспективних напрямків сучасних фітофізіологічних досліджень. Сьогодні основними вимогами до новітніх засобів захисту та регуляторів росту рослин є висока ефективність та біодоступність до організмів-мішеней, відсутність токсичності до агрономічно корисних супутніх організмів. Враховуючи вищезазначене, ми вважаємо перспективними об'єктами для інноваційних розробок кремнієвмісні мінерали та алелопатично активні речовини.

Запропонований нами підхід базується на комбінованому застосуванні природних кремнієвмісних матеріалів та алелопатично активних речовин. При цьому кремнієвий компонент суміші діятиме як природний адсорбент, адаптоген та одночасно матриця для синтезу пулу біологічно активних речовин ґрунту. Природні кремнієвмісні мінерали широко розповсюджені на Землі та дешеві у видобуванні. Існує велика кількість наукових відомостей про позитивний вплив водорозчинного кремнію на різні

фізіологічні процеси в рослинах, включаючи ріст, розвиток, фотосинтетичну продуктивність, якість врожаю та системну стійкість до стресів, які було встановлено на багатьох видах та сортах культурних рослин. Проте на сьогодні кремніємісні мінерали не отримали широкого визнання виробників сільськогосподарської продукції. Причинами цього є недостатня вивченість первинних механізмів фізіологічної активності цього мінералу по відношенню до рослин, а також взаємодія засобів захисту на основі кремнію з іншими агрохімікатами та факторами середовища, тривалість дії за різних умов середовища тощо.

Природні мінерали кремнію, такі як глини (іліт, каолінит, бентоніт та ін.), цеоліти є хімічно інертними речовинами з високою поглинаючою здатністю. Це робить їх ефективними носіями з повільним вивільненням активних молекул для традиційних агрохімікатів. З іншого боку, завдяки біосумісності та здатності до біодеградації пористі кремніємісні мінерали відповідають основним принципам органічного та сталого сільського господарства.

Рядом відомих на сьогодні досліджень продемонстровано, що суміші кремніємісних мінералів з традиційними пестицидами або добривами, дозволяють зменшити ефективну концентрацію та збільшити тривалість дії останніх. Однак сумісний вплив природних мінералів кремнію та агрохімікатів на фізіологічні процеси рослин практично не досліджено.

Об'єктом наших досліджень були такі кремніємісні мінерали: анальцим, трепел, діатоміт,  $K_2SiO_3$ ,  $Na_2SiO_3$  та  $CaSiO_3$ .

Анальцим ( $Na(Al_8Si_2O_6) \cdot H_2O$ ) – різновидність туфів, складна суміш мінералів групи цеолітів з глинистою складовою монтморилонітом. Останній у своєму складі містить більш ніж 30 біогенних макро- та мікроелементів, у доступній для рослин формі. Нашими попередніми дослідженнями було встановлено, що екзогенний анальцим відзначається позитивним впливом на функціональний стан рослин та мікроорганізмів. Додаткове введення в ґрунт анальциму сприяє стимуляції розвитку кореневої системи, покращує агрофізичні показники ґрунту за рахунок збільшення вологості, створює хімічне депо макро- і мікроелементів, підвищує стійкість рослин до абіотичних стрес-факторів.

Трепел – тонкопориста опалова осадова порода із домішкою глинистих мінералів, глауконіту, кварцу, польових шпатів. Містить найважливіші для росту і розвитку рослин мікро- і мікроелементи, зокрема фосфор, калій, кальцій, магній, мідь, марганець, залізо, цинк, кобальт.

Діатоміт – осадова гірська порода, що складається більш ніж на 50 % з панцирів діатомових водоростей. Завдяки високій адсорбуючій здатності та пористості, вмісту легкозасвоюваного кремнію та інших біогенних елементів діатоміт застосовується як добриво у сільському господарстві.

Інший об'єкт наших досліджень – алелопатично активні речовини – є природними сполуками з широким спектром фізіологічної дії на вищі рослини та мікроорганізми. Серед них виявлено низку стимуляторів росту

та системної стійкості сільськогосподарських культур. Алелопатично активні речовини швидко руйнуються в ґрунті мікрофлорою, а отже є екологічно безпечними. Проте швидка трансформація за польових умов знижує загальну ефективність фітопрепаратів, тому в сучасному рослинництві зазвичай застосовують більш стійкі синтетичні аналоги алелопатично активних речовин з дещо зміненою хімічною структурою. Незважаючи на те, що описано багато видів рослин, здатних продукувати та виділяти в навколишнє середовище органічні сполуки з високою біологічною активністю, лише невелика кількість цих сполук досліджена з точки зору можливості їх застосування у сільському господарстві.

Як кремнієвмісні мінерали, так і алелопатично активні речовини відзначаються значним спектром біологічної активності (табл. 6.1) та впливають на основні фізіологічні процеси в рослинах (зокрема ріст, розвиток, фотосинтез, дихання, транспірація, поглинання води та мінеральних поживних речовин коренями).

Таблиця 6.1

**Порівняння біологічної активності кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних сполук**

Властивості	Кремнієвмісні мінерали	Алелопатично активні речовини
Персистентність у ґрунті	Висока	Низька
Селективність дії	Відсутня	Видоспецифічні
Дія на організм	Біоінертні	Засвоюються та ферментуються в організмі
Механізми захисту:		
1. Фізичний	Сприяють зростанню механічної стійкості клітинних стінок	Не досліджено
2. Фізіологічний	Стимулюють ріст, фотосинтетичну та ферментативну активність, поглинання води та поживних речовин коренями	За низьких концентрацій стимулюють ріст, розвиток та фотосинтетичну активність рослин. За високих – можуть пригнічувати зазначені процеси.
3. Біохімічний	Стимулюють активність антиоксидантних систем	За низьких концентрацій стимулюють активність антиоксидантних систем. За високих – пригнічують.

Крім того, як для біологічно активного кремнію, так і для алелопатично активних речовин (у разі застосування останніх в низьких концентраціях) встановлено адаптогенну дію на рослини, які піддаються дії різних абіотичних та біотичних стресових факторів. Тому ми припустили



можливість синергічної або антагоністичної взаємодії між кремнієвмісними мінералами та алелопатично активними речовинами у разі комбінованого застосування з метою підвищення стійкості сільськогосподарських рослин до абіотичних стресів.

Основними перевагами кремнієвмісних мінералів є інертність та значна персистентність за польових умов та відсутність фітотоксичності у разі застосування у високих концентраціях. Тоді як перевагою алелопатично активних речовин є більш висока та спрямована біологічна активність, селективність дії по відношенню до певних організмів-мішеней. На нашу думку, поєднання алелопатично активних сполук з кремнієвмісними мінералами дозволить розробляти екологічно безпечні, не дорогі природні препарати з високою біологічною активністю, селективною та тривалою дією. У зв'язку з цим метою нашої роботи було встановити закономірності комбінованої дії природних кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних речовин на основні фізіологічні процеси в рослинах-мішенях на фоні абіотичних стресорів. Отримані результати можна застосовувати для розробки наукових засад для проектування найбільш ефективних комбінацій кремнієвмісних мінералів з іншими біологічно активними речовинами, агрохімікатами, у т.ч. добривами тощо, враховуючи особливості сільськогосподарських заходів та едафо-кліматичних умов.

Досягнення цієї мети передбачало виконання таких завдань:

- у факторних лабораторних експериментах дослідити особливості комбінованої дії кремнієвмісних мінералів та синтетичних аналогів алелопатично активних сполук на ріст, розвиток, фотосинтетичну активність, водний режим та антиоксидантні захисні системи тест-рослин (пшениця та кукурудза) за абіотичного стресу (посуха, низькі температури, токсичні метали, кислотні опади);
- визначити найбільш ефективні комбінації кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних сполук в залежності від природи стресового фактору;
- створити концептуальну модель, яка дозволяє прогнозувати характер комбінованої дії кремнієвмісних мінералів та органічних фізіологічних сполук на адаптивні реакції рослин до абіотичного стресу.

## 6.2. Матеріали та методи

Об'єкти досліджень – природні кремнієвмісні мінерали (анальцим, трепел, діатоміт), силікати ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) та синтетичні аналоги алелопатично активних речовин (флавоноїди, фенолкарбонів, оксикоричні кислоти, амінокислоти та фітогормони) виробництва “AgrosOrganics” (Бельгія) та “Sigma-Aldrich” (Швейцарія).

Тест-рослинами слугували пшениця озима (*Triticum aestivum* L., сорти “Дарунок Поділля”, “Смуглянка”), кукурудза кормова (*Zeamais*, сорт

кормової сорт “Кадр 267 МВ”). Перед посівом насіння тест-рослин стерилізували 5 % розчином гіпохлориту натрію впродовж 5 хвилин, після чого ретельно промивали стерилізованою водопровідною водою. Загальну методологію досліджень представлено на рисунку 6.1.



Рис. 6.1. Загальна методологія досліджень

Протекторні властивості окреслених вище речовин оцінювали у факторних лабораторних дослідях. Останні проводили у фітокамері за контрольованих умов: освітлення, температури та вологості ґрунту. Життєвий стан рослин пшениці та кукурудзи оцінювали за морфометричними показниками росту (висота надземних пагонів; довжина коренів; площа поверхні листків; маса сухої речовини їхньої надземної та підземної частин); фізіологічними показниками водного режиму (відносного вмісту води; водного дефіциту; водоутримуючої здатності листків), фотосинтетичної активності (вмістом фотосинтетичних пігментів (хлорофілу а, b та каротиноїдів) в листках, вмістом захисних метаболітів, зокрема проліну, флавоноїдів та антоціанів. Показники водного режиму визначали гравіметричним методом (Росіцька та ін., 2021). Фотосинтетичні пігменти екстрагували зі свіжозібраних подрібнених листків диметилсульфоксидом. Кількісний вміст визначали спектрофотометрично за (Hiscox et al., 1979) на спектрофотометрі Specord 2000 (Analytic Jena, 2003 р.). Пролін екстрагували зі свіжозібраного рослинного матеріалу киплячою дистильованою водою з наступною інкубацією на водяній бані

за температури 100°C упродовж 10 хвилин. Кількісний вміст визначали за допомогою якісної реакції з нінгідринним реактивом за (Росіцька та ін., 2021). Флавоноїди екстрагували 70 % етанолом зі свіжозібраних листків упродовж доби в холодильнику. Кількісний вміст оцінювали спектрофотометрично, застосовуючи якісну реакцію з 10 % розчином  $AlCl_3$  в 98 % етанолі за Комаровою (Комарова та ін. 1998). Антоціани екстрагували 96 % етиловим спиртом з 1 % вмістом хлористоводневої кислоти. Кількісний вміст визначали спектрофотометрично за (Писарев та ін., 2010) Статистичну обробку результатів експериментів проводили методами одномірної статистики та дисперсійного аналізу за допомогою програми Statistica 10.0.

### **6.3. Вплив кремнієвмісних мінералів на персистентність та адаптогенні властивості алелопатично активних речовин**

У факторних лабораторних дослідах моделювали індивідуальну та комбіновану дію кремнієвмісних мінералів анальциму та трепелу, подрібнених до порошкоподібного стану (в концентрації 0,1 % по масі) та алелопатично активних речовин (фенольних, карбонових, амінокислот в концентрації 100 мкМ та цитокінінів в концентрації 10 мкМ) на адаптивні реакції проростків пшениці до ґрунтової посухи та деякі агрохімічні характеристики ґрунту. Як тест-рослину застосовано пшеницю озиму (*Triticum aestivum* L., сорт “Дарунок Поділля”), насіння якої стерилізували та висівали в пластикові горщики з сірим опідзоленим ґрунтом, підготовленим відповідним чином (Гродзінський та ін., 1973). Моделювали два рівні вологості субстрату: оптимальний – 55–65 % повної вологоємності (ПВ) та посушливий – 20–30 % ПВ. Протекторні речовини вносили в субстрат одноразово перед посівом насіння тест-рослин. Рослини вирощували впродовж 21 доби за температури 22–24 °C, освітлення – 3000 лк та вологості повітря 55–65 %. Вологість ґрунту періодично визначали ваговим методом та підтримували на заданому рівні до кінця експериментів.

Функціональний стан рослин пшениці оцінювали за показниками схожості насіння, морфометричними показниками росту проростків (висота надземних частин, довжина та кількість коренів, маса сухої речовини надземних частин та коренів), водного режиму (відносний вміст води, водний дефіцит, водоутримуюча здатність листків), вмістом проліну. В кінці досліду рослини викопували, субстрат просушували протягом 3 діб. Для дослідження тривалості дії внесених речовин, у ті ж самі вегетаційні посудини знову висівали тест-рослини, моделюючи ті ж самі рівні вологості, але без повторного внесення діючих речовин. Умови культивування та протокол визначення показників життєвого стану тест-рослин не змінювали. Всього було проведено три послідовні серії посівів на тому ж самому субстраті.

Сорт пшениці озимої “Дарунок Поділля” (оригінатор: Інститут фізіології рослин і генетики НАН України) є високопродуктивним, стійким до хвороб, але має середню посухостійкість. В наших дослідях штучно створений дефіцит вологи у ґрунті (20–30 % ПФВ) призводив до суттєвого зниження показників росту: на 32 та 39 % знижувалась маса сухої речовини надземних частин та кореневої системи, на 48 % – площа поверхні листків порівняно з рослинами, які зростали за оптимальної вологості (рис. 6.2).

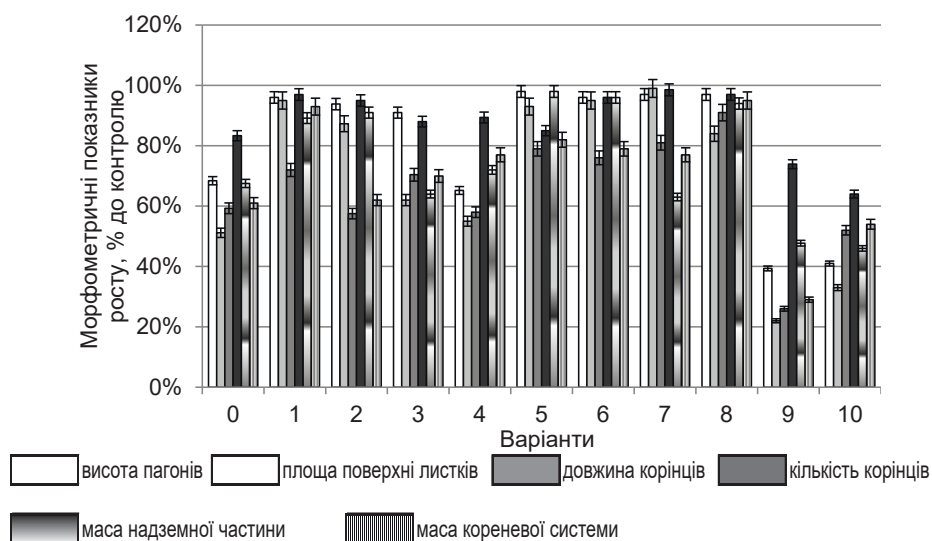


Рис. 6.2. Вплив внесення в ґрунт індивідуальних речовин на ростові реакції пшениці за умов посухи. Варіанти обробок:

0 – без внесення протекторних речовин, 1 – анальцим, 2 – трепел, 3 – пролін, 4 – аспарагін, 5 – γ-аміномасляна кислота, 6 – гентизинова кислота, 7 – кавова кислота, 8 – саліцилова, 9 – 6-бензиладенін, 10 – кінетин.

Вертикальні планки – стандартна похибка

Порушувався водний режим в листках – майже в два рази зростав водний дефіцит в листках та на 25% знижувався відносний вміст води в тканинах (табл. 6.2). Зростання в 1,9 рази вмісту проліну в листках свідчило про активацію захисних антиоксидантних систем на стрес спричинений імітованою посухою.

Аналіз результатів дослідження фізіологічної активності кремнієвмісних мінералів та синтетичних аналогів аделопатично активних речовин показав, що всі досліджені речовини змінювали адаптивну здатність рослин пшениці до імітованої ґрунтової посухи. Зокрема анальцим, трепел (в концентрації 0,1 % по масі), досліджені амінокислоти та фенольні кислоти в концентрації 100 мкМ поліпшували показники росту та водного режиму в тест-рослинах (див. рис. 6.2).

Найкращі показники росту та водного режиму спостерігали у проростків пшениці за внесення в субстрат анальциму, гентизинової, саліцилової та кофейної кислот. Синтетичні аналоги фітогормонів погіршували функціональний стан пшениці за умов ґрунтової посухи. Оброблені ними рослини мали на 37–39 нижчі показники площі поверхні листків та на 36–42 % нижчу масу корневих систем порівняно з необробленими рослинами.

Таблиця 6.2

**Вплив індивідуальних речовин на ростові реакції пшениці за умов посухи.  
НІР – найменша істотна різниця**

Зволоження ґрунту, % ПВ	Протекторні речовини	Відносний вміст води в листках, %	Водний дефіцит в листках, %	Вміст проліну мг/г сухої маси листків
50-60	-	89,57	8,85	1,48
20-30	-	68,00	17,07	2,86
20-30	анальцим	85,21	8,33	1,63
20-30	трепел	82,23	9,14	1,54
20-30	пролін	81,40	10,25	3,52
20-30	аспарагін	79,10	14,76	3,64
20-30	γ-аміномасляна к-та	75,96	12,47	3,84
20-30	гентизинова к-та	90,63	8,68	2,01
20-30	кавова к-та	85,32	9,19	1,72
20-30	саліцилова к-та	87,88	8,78	1,45
20-30	6-бензиладенін	75,18	12,35	2,02
20-30	кінетин	76,3	10,10	2,25
<i>НІР</i>		2,23	1,12	0,25

Екзогенні амінокислоти, як правило, стимулювали синтез та накопичення проліну в листках тест-рослин. Найвищі показники вмісту проліну мали рослини пшениці оброблені γ-аміномасляною кислотою в концентрації 100 мкМ (див. табл. 6.2). Останнім часом набуває популярності гіпотеза, що основою адаптаційних реакцій рослин до стресових факторів є ефективне функціонування захисних антиоксидантних систем, оскільки первинні неспецифічні реакції на будь-який стрес-фактор починаються з окислювального стресу (Жолупаєв та ін., 2011). Пролін – є поліфункціональною низькомолекулярною сполукою з широким спектром захисної дії. Це осмопротектант, антиоксидант, який стимулює синтез захисних білків та стабілізує полірибосоми. Хоча накопичення проліну не відноситься до ранніх стресових реакцій, цей механізм активного антистресового захисту є неспецифічною реакцією рослин до різних абіотичних та біотичних стресорів (посуха, осмотичний стрес, токсичні речовини, екстремальні температури, фітопатогени) (Жолупаєв и др., 2011). Таким чином, захисну дію екзогенних амінокислот

можна пов'язати з стимуляцією синтезу поліфункціональних низькомолекулярних протекторних біомолекул (зокрема проліну).

Позитивний вплив екзогенних амінокислот, фенольних кислот на адаптивні реакції рослин за різних типів абіотичних стресових факторів показано в ряді робіт (Sairam et al., 2000; Радюкіна 2011; Колупаєв та ін., 2013). У науковій літературі є відомості як про підвищення, так і про зниження активності інших антиоксидантних ферментів у рослин під впливом екзогенних антиоксидантів, зокрема аміно- та фенольних кислот (Вайнер та ін., 2014).

Аналіз кислотності ґрунту по закінченню вегетаційних експериментів показав, що внесення всіх досліджених речовин не спричиняло достовірних змін цього показника, останній коливався в межах 7,73–7,97 і не залежав від варіанту обробки.

Дослідження комбінованої дії кремнієвмісних мінералів та синтетичних аналогів алелопатично активних речовин дозволило встановити ефекти потенціювання або суперадитивну дію (viz. посилення ефекту при сумісному застосуванні) та антагонізму (послаблення ефекту при сумісному застосуванні) для певних пар речовин по відношенню до деяких досліджених показників (табл. 6.3, 6.4). Оцінку спрямованості сумісної дії факторів проводили, порівнюючи значення коефіцієнту сумісної дії (*Kcd*) та меж його довірчих інтервалів (*DI*) за  $P < 0,05$  згідно з методикою М.Ю. Антонова (2006).

Таблиця 6.3

**Взаємодія між анальцимом та алелопатично активними речовинами у разі їх комбінованої дії на показники росту рослин пшениці, яку вирощували за ґрунтової посухи протягом 21 доби.**

**А** – антагонізм, **П** – потенціювання, “-” – відсутність фізіологічної взаємодії між факторами

Супутня сполука до анальциму	Висота пагонів	Площа поверхні листків	Довжина корінців	Кількість корінців	Відносний вміст води	Водний дефіцит	Вміст проліну
Пролін	-	-	-	-	П	П	П
Аспарагін	-	-	-	-	П	П	-
γ-аміномасляна к-та	-	-	А	-	А	А	-
Гентизинова к-та	А	-	-	-	-	-	-
Кавова к-та	П	-	П	-	-	-	-
Саліцилова к-та	А	-	А	-	-	-	-
6-бензиладенін	А	-	А	-	-	-	А
Кінетин	-	-	-	-	-	-	А

Таблиця 6.4

**Взаємодія між трепелом та алелопатично активними речовинами у разі їх комбінованої дії на показники росту рослин пшениці, яку вирощували за ґрунтової посухи протягом 21 доби. А – антагонізм, П – потенціювання, “-” – відсутність фізіологічної взаємодії між факторами**

Супутня сполука до анальциму	Висота пагонів	Площа поверхні листків	Довжина корінців	Кількість корінців	Відносний вміст води	Водний дефіцит	Вміст проліну
Пролін	-	-	-	-	-	-	-
Аспарагін	-	-	-	-	-	-	-
γ-аміно-масляна кислота	-	А	А	-	-	-	-
Гентизинова кислота	-	-	-	-	-	-	-
Кавова кислота	-	-	-	-	-	-	-
Саліцилова кислота	-	-	А	-	-	-	-

У короткотривалій перспективі (перша серія вирощування пшениці, 21 доба) посилення стимулюючого впливу протестованих фізіологічно активних речовин на ростові реакції пшениці спостерігали лише для суміші анальциму та кавової кислоти (див. табл. 6.2, рис. 6.3, коефіцієнт сумісної дії ( $Kcd$ ) складав 275, що значно перевищувало значення довірчого інтервалу ( $DI$ )= $\pm 63$ ). У разі комбінованої дії досліджених кремнієвмісних мінералів у суміші з  $\gamma$ -аміномасляною ( $Kcd=-29$ ,  $DI=\pm 17$ ), саліциловою ( $Kcd=-253$ ,  $DI=\pm 83$ ), гентизиною ( $Kcd=-96$ ,  $DI=\pm 72$ ) кислотами та 6-бензиладеніном ( $Kcd=-161$ ,  $DI=\pm 58$ ) спостерігали антагоністичне послаблення стимулюючого впливу на показники росту тест-рослин. Для решти сполук їх комбінована дія з анальцимом була в межах довірчого інтервалу суми реакцій рослин на ізольовану дію факторів, що свідчило про адитивну взаємодію компонентів суміші на ростові реакції тест-рослин.



Рис. 6.3. Вплив анальциму (1), кавової кислоти (2) та їх суміші (3) на ростові реакції пшениці за ґрунтової посухи у вегетаційному досліді.

К – контроль, без внесення протектантів

Досліджені фізіолого-біохімічні показники водного режиму та вмісту проліну в листках проявили інші закономірності, ніж ростові реакції. Зокрема, потенціювання (посилення позитивного ефекту) на показники водного балансу та вмісту проліну спостерігали для сумішей анальциму з проліном або аспарагіном. Але для аміномасляної кислоти та анальциму сумісна дія мала антагоністичний характер. У цілому для сумішей анальциму з дослідженими алелопатично активними речовинами ефекти сумісного посилення або послаблення дії факторів спостерігали частіше, ніж для трепелу. Для останнього було відмічено лише антагоністичне послаблення стимулювання росту саліциловою, гентизиноювими кислотами.

Оскільки анальцим та трепел відзначаються високими адсорбційними властивостями внаслідок пористої структури та електричного поля іонів металів, ці мінерали легко утворюють комплекси з органічними кислотами, таким чином іммобілізуючи певну їх кількість у ґрунті, тобто послаблення розміру стимулюючого ефекту досліджених кислот за внесення анальциму можна пояснити явищем фізичного антагонізму. У разі, якщо має місце лише фізичний антагонізм, то адсорбовані мінералами кислоти мають зберігатися в субстраті деякий час та проявити свою активність на наступному посіві тест-рослин. Для перевірки цього припущення нами було проведено ще дві послідовні серії вегетаційних дослідів із застосуванням ґрунтового субстрату вище окресленого експерименту з анальцимом, проліном, кавовою, саліциловою кислотами та їх сумішами. На рисунку 6.4 показано закономірності комбінованої дії проліну та анальциму на ростові реакції рослин пшениці першого, другого та третього послідовних посівів за ґрунтової посухи.

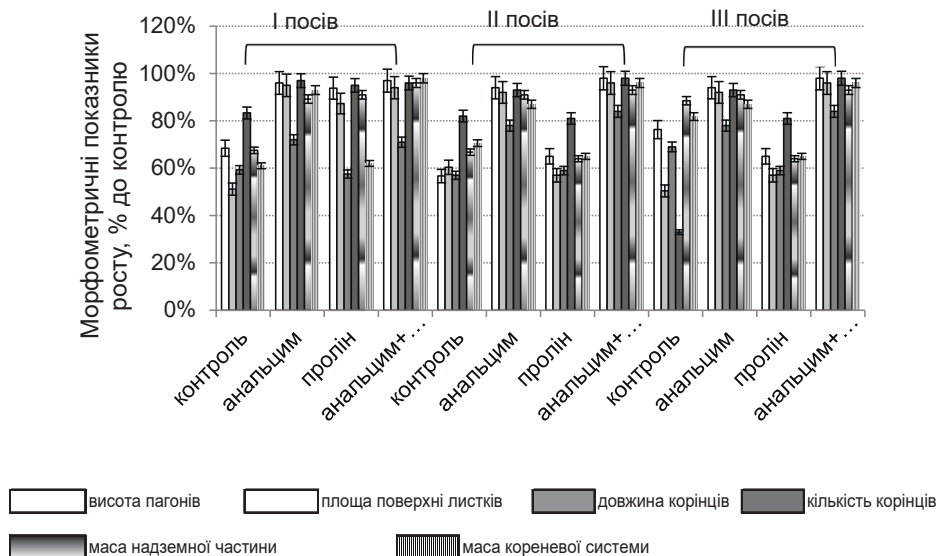


Рис. 6.4. Вплив внесення в ґрунт анальциму, проліну та їх суміші на ростові реакції пшениці у вегетаційному досліді



За першого посіву анальцим, пролін та суміш цих сполук суттєво покращували ріст надземних частин та коренів тест-рослин. Наступні посіви пшениці в досліджуваній субстрат показали відсутність помітного ефекту для проліну. Тоді як анальцим та суміш анальциму та проліну не втратили ефективності до кінця серії дослідів.

Аналогічні результати було отримано для алелопатично активних сполук фенольної природи (рис. 6.5, 6.6). Зокрема, встановлено явище потенціювання за комбінованого застосування анальциму та кавової кислоти на показники росту надземних частин та коренів тест-рослин. Хоча кавова кислота є більш стійкою в ґрунті порівняно з амінокислотами, другий та третій посіви пшениці показали відсутність помітного ефекту на ріст та розвиток тест-рослин у варіанті з ізольованою кавовою кислотою. Тоді як суміш кавової кислоти та анальциму проявляла найвищу стимулюючу активність порівняно з іншими варіантами вегетаційного дослідів.

Подібні закономірності спостерігали досліджуючи комбіновану дію анальциму та саліцилової кислоти в залежності від серії посіву. На відміну від кавової кислоти, комбінований вплив анальциму та саліцилової кислоти на ріст надземних частин та коренів тест-рослин упродовж 21 доби культивування характеризувався антагоністичним послабленням сумарного ефекту (див рис. 6.5). Однак після другої та третьої серії посівів пшениці спостерігали, навпаки, посилення (потенціювання) стимулюючої дії досліджених речовин на ріст та розвиток надземних частин та коренів рослин пшениці.

Спостережене посилення стимулюючого ефекту досліджених органічних кислот (проліну, саліцилової, кавової) на ростові процеси пшениці за внесення анальциму впродовж другого та третього посіву підтверджує наше припущення про фізичний антагонізм компонентів суміші протягом першого посіву, пов'язаний з адсорбцією алелопатично активних речовин цим кремнієвмісним мінералом та подальше вивільнення їх за наступних посівів.

Відомо, що Al, який входить до складу анальциму (10,77–11,21 % по масі) може утворювати стійкі розчинні комплекси з низькомолекулярними органічними кислотами, що сприяє утриманню цих біологічно активних сполук у ґрунтового розчині та забезпечує їх транспорт в агроландшафті. При цьому алюміній взаємодіє головним чином з карбоксильними і бензольними групами у процесі росту та розвитку тест-рослини пшениці виділяють у навколо кореневе середовище органічні кислоти (карбонові, фенольні, оксикоричні, гідроксамові тощо), які можуть замішувати внесені аміно- та фенольні кислоти в комплексах з алюмінієм і таким чином робити її більш доступними для рослин та мікроорганізмів ґрунту.

При третьому посіві пшениці у вегетаційні посудини з дослідженими речовинами та їх сумішами у разі внесення окремих сполук лише для анальциму спостерігали протекторну дію по відношенню до посухи на тест-рослини пшениці. Алелопатично активні речовини майже повністю втрачали біологічну активність. У разі внесення сумішей досліджених

аміно- та фенольних кислот з анальцимом, протекторний ефект останніх зберігався на значно довший період. Тобто більша тривалість періоду експозиції сприяла прояву ефекту потенціювання (посилення біологічної активності) між компонентами суміші. Подібні тенденції окреслено в роботах інших авторів (Mohsenzadehetal., 2011; Arvin et al., 2014; Hussein et al., 2014; Elrysetal., 2017).

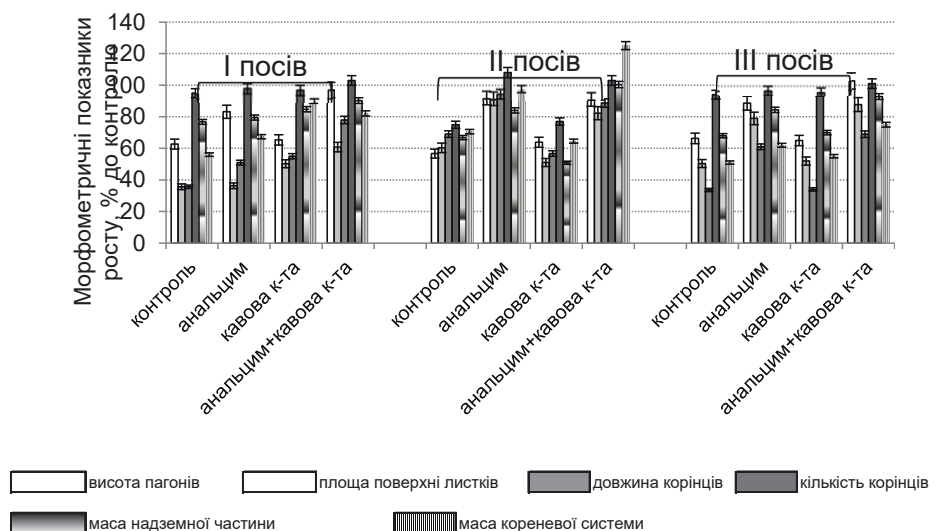


Рис. 6.5. Вплив внесення в ґрунт анальциму, кавової кислоти та їх суміші на ростові реакції пшениці у вегетаційному досліді

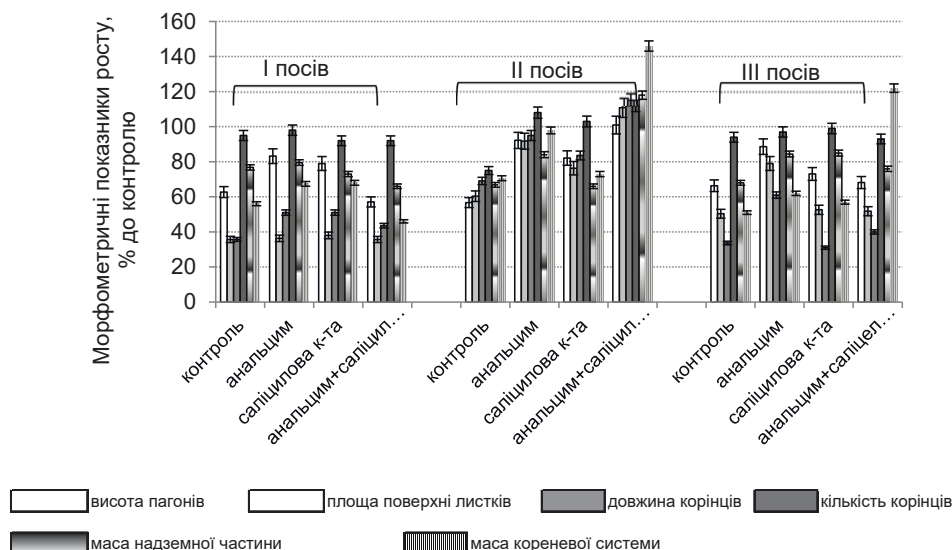


Рис. 6.6. Вплив внесення в ґрунт анальциму, саліцилової кислоти та їх суміші на ростові реакції пшениці у вегетаційному досліді

Таким чином, нами було експериментально підтверджено перспективність застосування анальциму для створення біологічно активних препаратів з пролонгованою дією. Крім того, нами було показано, що окрім адсорбуючих та хелатуючих властивостей анальцимом може впливати на фізіологічну активність органічних речовин посилюючи або послаблюючи кінцевий ефект останніх. Характер такої сумісної дії залежить не тільки від хімічної природи компонентів суміші, але й від періоду експозиції. У разі комбінованого застосування анальциму з алелопатично активними речовинами у ряді випадків спостерігали послаблення протекторного ефекту останніх при першому посіві тест-рослин. Проте при повторному посіві пшениці у ці ж самі вегетаційні посудини, показники росту, водного режиму були кращими у варіантах з сумішами порівняно з варіантами, в які діючі речовини вносилися по окремо.

У польових умовах рослина зазвичай зазнає впливу різних стресових факторів, тому підвищення загальної (системної) стійкості рослин набуває особливого значення. Біологічно активний кремній та алелопатично активні речовини відомі своєю здатністю симулювати неспецифічні механізми стійкості рослин до різних стресових чинників. Тому наступним етапом наших досліджень було вивчити закономірності сумісної дії природних кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних речовин на фоні інших абіотичних стресових факторів (зокрема екстремальних температур, токсичних металів та кислотних опадів).

Сучасні кліматичні зміни супроводжуються зростанням амплітуди коливань температури та інших мікрокліматичних факторів, які значно частіше ніж раніше досягають стресових для рослин значень. Різкі перепади температури є потужним стресором, що впливає на всі життєві процеси в рослинах, оскільки в їх основі є залежні від температури біохімічні реакції. Прогнозується, що глобальні зміни температурного режиму, які спостерігаються упродовж останніх десятиріч в багатьох країнах світу можуть перевести значну частину сільськогосподарських угідь в групу “ризикованого землеробства”. У зв’язку з цим значна увага дослідників приділяється розробці технологій підвищення адаптації сільськогосподарських рослин до дії температурного стресу.

Нами було досліджено вплив кремнієвмісних природних мінералів (трепелу, анальциму, силікату натрію) та біологічно активних речовин (синтетичних аналогів природних алелопатично активних сполук – амінокислот, фенольних кислот та флавоноїдів) на стійкість проростків пшениці озимої (сорт “Фаворитка”) до температурного стресу, зумовленого різким похолоданням.

Для цього нами було проведено лабораторні досліди, в яких моделювали різке зниження температури на 20°C. Насіння пшениці озимої пророщували впродовж двох діб в чашках Петрі за температури 25–27°C, на фільтрувальному папері змоченому стерилізованою водопровідною водою (контроль) або розчином діючих речовин(дослід). Оцінювали протекторні властивості кремнієвмісних мінералів (анальциму, трепелу та силікату натрію), амінокислот (DL-аспарагіну,  $\gamma$ -аміномасляної, L-проліну,

DL- $\beta$ -феніл- $\alpha$ -аланіну, DL-орнітину, DL-лейцину, DL-метіоніну), фенольних кислот (саліцилова, сирінгова, гентизинова, кавова, хлорогенова, корична, ферулова) та флавоноїдів (кверцетин, гесперидин, морин). Після цього частину рослин залишали в такому ж температурному режимі, а решту продовжували культивувати в холодильнику за температури 5°C упродовж 5 діб. Наприкінці досліду реєстрували морфометричні показники росту (висота надземних частин, кількість та довжина коренів), вміст проліну та флавоноїдів в надземних частинах проростків пшениці.

Проростки пшениці експоновані у імітованому різкому похолоданні мали майже в 5 разів нижчі показники висоти надземних пагонів та в 3,6 разів нижчі показники довжини первинних (зародкових) корінців та в 2 рази меншу їх кількість порівняно з рослинами, які вирощували за оптимальної температури (25°C), тоді як вміст проліну зростав у 1,4 рази (рис. 6.7–6.9).

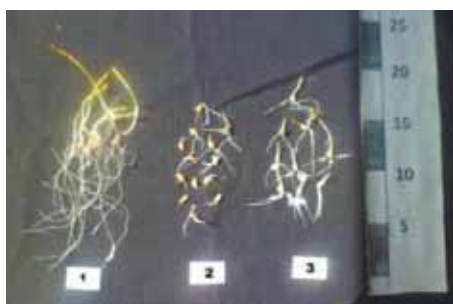


Рис. 6.7. Вплив анальциму в концентрації 5 мг на чашку Петрі (3) на розвиток проростків пшениці озимої за холодового стресу. 1 – контроль за оптимальної температури (25–27°C), 2 – контроль за холодового стресу(5–7 °C)

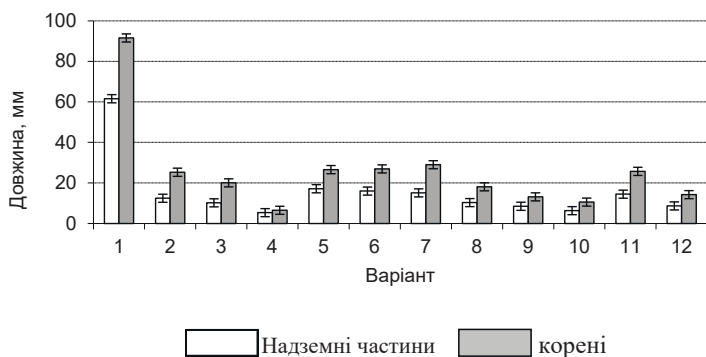


Рис. 6.8. Вплив внесення в субстрат кремнієвмісних мінералів (5 мг на чашку Петрі) та розчину амінокислот (100 мкМ) на ріст проростків пшениці озимої за холодового стресу: 1 – контроль (оптимальна температура), 2 – контроль (холод), 3 –  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 4 – трепел, 5 – анальцим, 6 – DL-аспарагін, 7 –  $\gamma$ -аміноасляна, 8 – L-пролін, 9 – DL- $\beta$ -феніл- $\alpha$ -аланін, 10 – DL-орнітин, 11 – DL-лейцин, 12 – DL-метіонін. Вертикальні планки – стандартна похибка

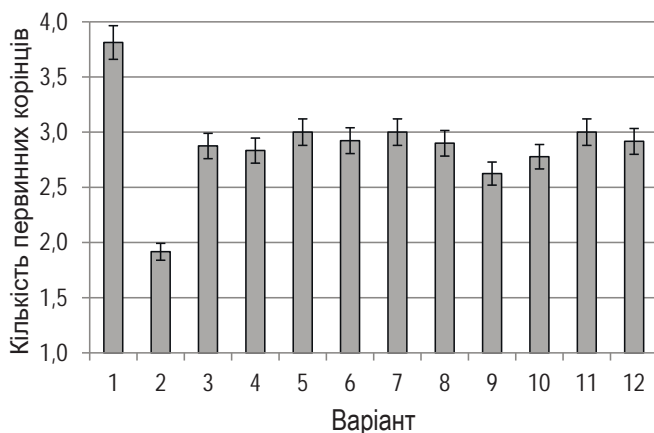
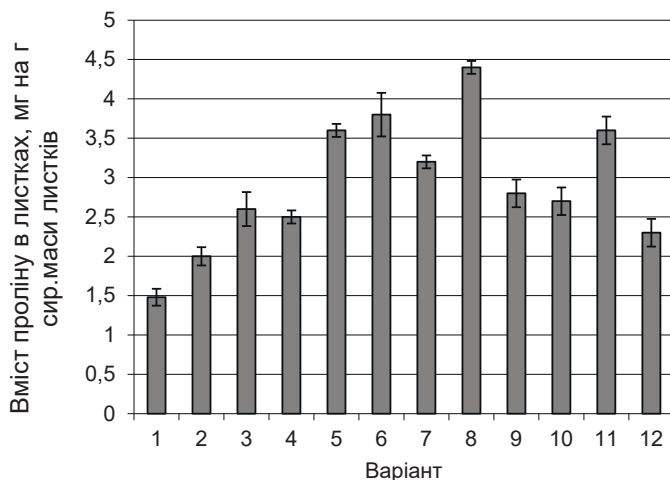


Рис. 6.9. Вплив внесення в субстрат кремнієвмісних мінералів (5 мг на чашку Петрі) та розчинів амінокислот (100 мкМ) на кількість первинних корінців у проростків пшениці озимої за холодового стресу: 1 – контроль (оптимальна температура), 2 – контроль (холод), 3 –  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 4 – трепел, 5 – анальцим, 6 – DL-аспарагін, 7 –  $\gamma$ -аміномаєляна, 8 – L-пролін, 9 – DL- $\beta$ -феніл- $\alpha$ -аланін, 10 – DL-орнітин, 11 – DL-лейцин, 12 – DL-метіонін. Вертикальні планки – стандартна похибка

Внесення досліджених речовин в субстрат достовірно змінювало ростові реакції проростків пшениці на різке похолодання. Анальцим, DL-аспарагін,  $\gamma$ -аміномаєляна кислота на 21–37 % стимулювали ріст надземних частин, а  $\gamma$ -аміномаєляна також стимулювала ріст коренів на 16 %. Решта речовин ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , трепел, L-пролін, DL- $\beta$ -феніл- $\alpha$ -аланін, DL-орнітин, DL-лейцин), навпаки, пригнічували ріст надземних частин та коренів проростків пшениці за холодового стресу. Всі досліджені речовини сприяли зростанню кількості первинних корінців та накопиченню проліну в надземних частинах проростків пшениці (див. рис. 6.7–6.9). Найвищі показники вмісту цієї амінокислоти спостерігали в тест-рослинах оброблених амінокислотами (L-проліном, DL-аспарагіном та DL-лейцином) та анальцимом. Додавання вище окреслених речовин у субстрат в 1,8–2,5 рази підвищувало вміст проліну в надземних частинах проростків пшениці (рис. 6.10, 6.11). Участь проліну в адаптивних реакціях рослин до холодового стресу показано в ряді робіт. Зокрема, встановлено, що пролін регулює осмотичний потенціал, попереджає утворення кристалів льоду, стабілізує клітинні мембрани та детоксикує активні форми кисню (АФК), підвищуючи таким чином стійкість рослин до холодового стресу (Dingetal., 2019).

Стійкість до низьких температур у рослин – це складне явище, яке може залучати різні фізіологічні процеси та метаболічні шляхи. Як стимулювання, так і пригнічення росту надземних частин та кореневої системи тест-рослин за холодового стресу можна розглядати як адаптивні зміни морфогенезу.



**Рис. 6.10. Вплив внесення в субстрат кремнієвмісних мінералів (5 мг на чашку Петрі) та розчинів амінокислот (100 мкМ) на вміст проліну в надземних частинах проростків пшениці озимої за холодоговго стресу:**

1 – контроль (оптимальна температура), 2 – контроль (холод), 3 –  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 4 – трепел, 5 – анальцим, 6 – DL-аспарагін, 7 –  $\gamma$ -аміномасляна, 8 – L-пролін, 9 – DL- $\beta$ -феніл- $\alpha$ -аланін, 10 – DL-орнітин, 11 – DL-лейцин, 12 – DL-метіонін.

Вертикальні планки – стандартна похибка

Стимулювання утворення первинних корінців та накопичення проліну в тканинах тест-рослин за внесення всіх досліджених речовин свідчить про захисний характер їх дії по відношенню до холодоговго стресу. Спостережені ростові модифікації за внесення кремнієвмісних мінералів та амінокислот свідчать про різноспрямований вплив досліджених речовин на баланс ендогенних гормонів та індукування різних механізмів холодостійкості.

Залежність доза-ефект для анальциму, DL-аспарагіну,  $\gamma$ -аміномасляної кислоти та DL-лейцину на ріст корінців в довжину була позитивною для дослідженого діапазону концентрацій, тоді як розмір ефекту зазначених речовин на кількість первинних корінців та показники росту надземних частин не виявив достовірної залежності від концентрації протестованих речовин, що свідчило про сигнальний характер дії останніх (див. рис. 9).

Також нами було досліджено вплив фенольних кислот (саліцилової, сирінгової, гентизинової, кавової та хлорогенової) та флавоноїдів (кверцетину, гесперидину) на розвиток та життєвий стан проростків пшениці за холодоговго стресу (рис. 6.12). Для більшості досліджених речовин встановлено позитивний ефект. Окрім ферулової кислоти та морину, всі досліджені сполуки стимулювали ріст надземних частин та особливо кореневої системи проростків пшениці за холодоговго стресу. Найбільш ефективними в цьому плані були саліцилова, сирінгова, кавова, хлорогенова кислоти та гесперидин.

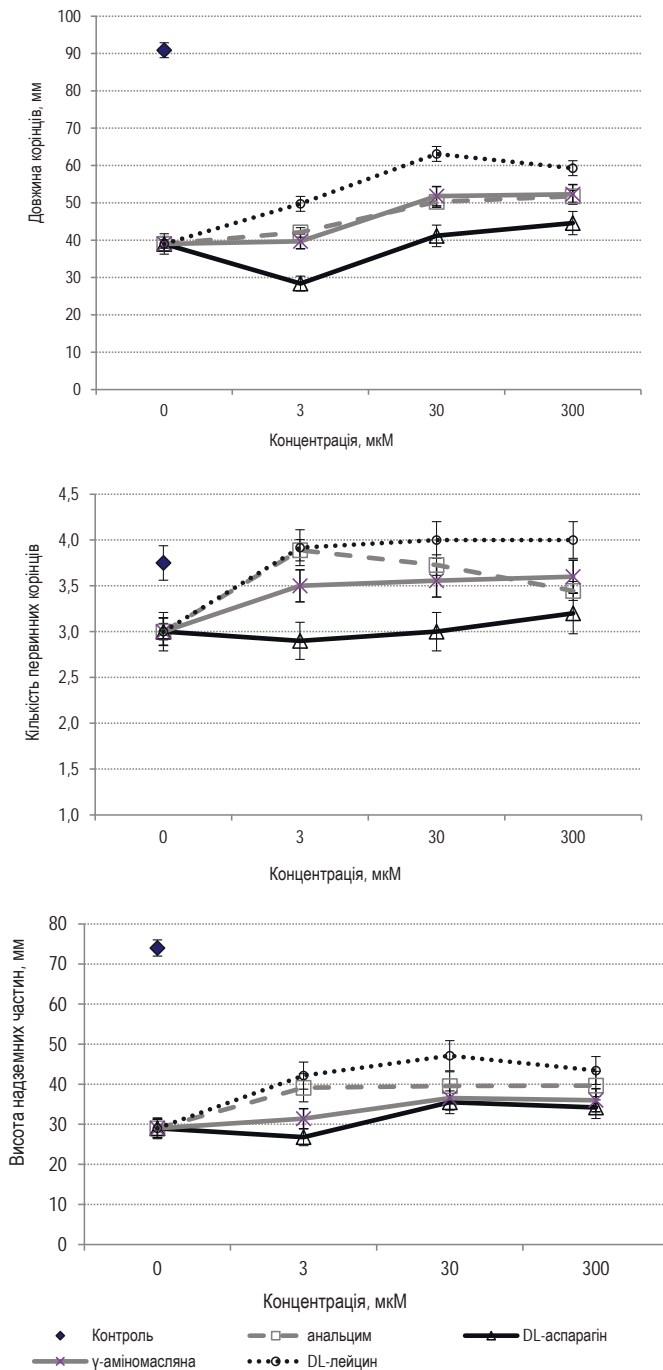


Рис. 6.11. Залежність захисного ефекту анальциму та амінокислот від концентрації за холодового стресу

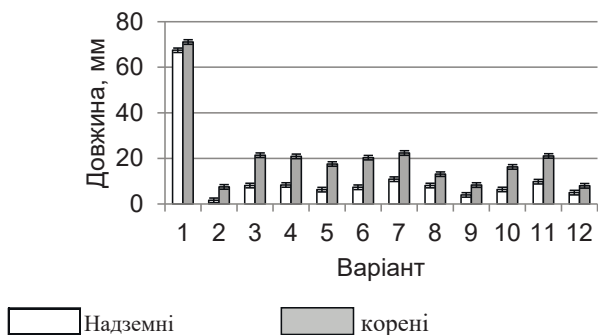


Рис. 6.12. Вплив екзогенних фенольних кислот та флавоноїдів в концентрації 100 мкМ на ріст проростків пшениці озимої за холодового стресу: 1 – контроль (оптимальна температура), 2 – контроль (холод), 3 – саліцилова, 4 – сирінгова, 5 – гентизинова, 6 – кавова, 7 – хлорогенова, 8 – корична, 9 – ферулова, 10 –кверцетин, 11 – гесперидин, 12 – морин. Вертикальні планки – стандартна похибка

Характерною особливістю досліджених фенольних кислот та флавоноїдів було те, що вони в більшій мірі стимулювали ріст кореневих систем порівняно з надземними пагонами. Це призводило до зростання співвідношення маси коренів до надземних частин в 1,6–4,5 рази порівняно з необробленими рослинами за холодового стресу (рис. 6.13). Зростання співвідношення маси коренів до надземних частин є важливою діагностичною ознакою стійкості сільськогосподарських рослин (зокрема зернових) до холодового стресу (Reddy et al., 2021). Більш розвинена коренева система може поглинати більшу кількість води та поживних речовин, створюючи більший потенціал для відновленню росту та основних життєвих функцій після припинення дії стресових факторів.

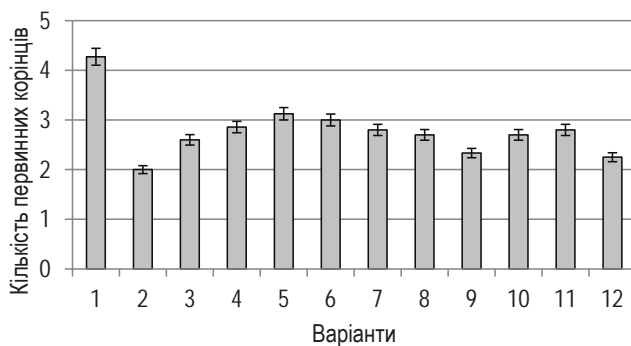


Рис. 6.13. Вплив екзогенних фенольних кислот та флавоноїдів в концентрації 100 мкМ на ріст проростків пшениці озимої за холодового стресу: 1 – контроль (оптимальна температура), 2 – контроль (холод), 3 – саліцилова, 4 – сирінгова, 5 – гентизинова, 6 – кавова, 7 – хлорогенова, 8 – корична, 9 – ферулова, 10 –кверцетин, 11 – гесперидин, 12 – морин. Вертикальні планки – стандартна похибка



Внесення досліджених фенольних сполук у субстрат за холодового стресу не впливало на синтез проліну, проте стимулювало накопичення флавоноїдів в надземних частинах тест-рослин (рис. 6.14). Захисна роль флавоноїдів проти абіотичних (включаючи температурний стрес) та біотичних стресових факторів показана в багатьох наукових роботах. Крім того, на відміну від амінокислот, внесення фенольних речовин стимулювало утворення первинних корінців у проростків, що сприяло зростанню поглинальної поверхні кореневої системи – важливої передумови для відновлення нормального росту рослин після закінчення дії стресового фактору.

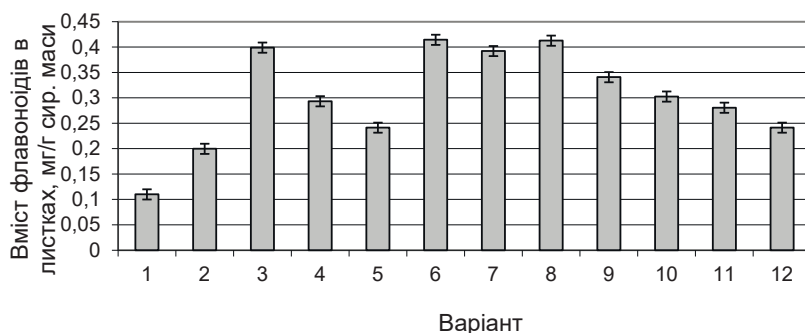


Рис. 6.14. Вплив екзогенних фенольних кислот та флавоноїдів в концентрації 100 мкМ на ріст проростків пшениці озимої за холодового стресу: 1 – контроль (оптимальна температура), 2 – контроль (холод), 3 – саліцилова, 4 – сирінгова, 5 – гентизинова, 6 – кавова, 7 – хлорогенова, 8 – корична, 9 – ферулова, 10 –кверцетин, 11 – гесперидин, 12 – морин. Вертикальні планки – стандартна похибка

Залежності доза-ефект для досліджених фенольних кислот та флавоноїдів мали параболічний характер з максимумами в межах 3–10 мкМ для показників росту надземних частин та 30–100 мкМ для показників росту коренів проростків пшениці (рис. 6.15). Також слід зазначити, що хлорогенова кислота та гесперидин на 30 % стимулювали утворення нових корінців у проростків пшениці.

Наступним етапом наших досліджень було проаналізувати комбіновану дію кремнієвмісних мінералів (анальциму, діатоміту, силікату калію) в концентрації 5 мг на чашку Петрі та алелопатично активних речовин (100 мкМ) на адаптивні реакції проростків пшениці до холодового стресу. Для цього нами було відібрано найбільш ефективні з досліджених діючих речовин: амінокислоти – DL-аспарагін,  $\gamma$ -аміномасляна к-та і DL-лейцин; фенольні кислоти – саліцилова, сирінгова; гідроксикоричні – кавова, хлорогенова та флавоноїд – гесперидин.

Аналіз ефекту сумісної дії показав, що лише за комбінованої дії анальциму та DL-аспарагіну ( $K_{cd} = 10,3$ ,  $DI = \pm 2,7$ ), силікату калію та  $\gamma$ -аміномасляної кислоти ( $K_{cd} = 13,5$ ,  $DI = \pm 4,8$ ), DL-лейцину ( $K_{cd} = 11,5$ ,  $DI = \pm 3,6$ ) спостерігали достовірне потенціювання (синергічне посилення)

стимулюючого впливу зазначених сполук на показники росту проростків пшениці (рис. 6.16).

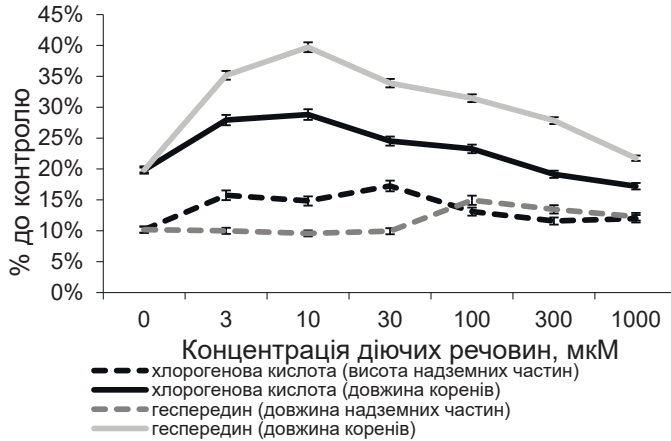


Рис. 6.15. Залежність захисного ефекту хлорогенової кислоти та гесперидину від концентрації за холодного стресу

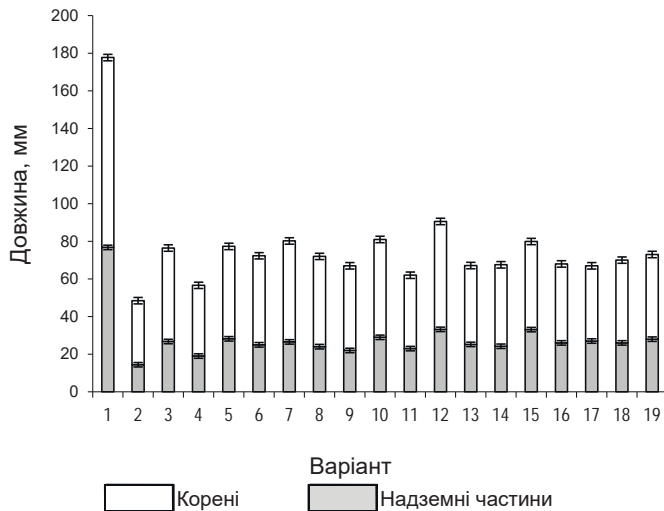


Рис. 6.16. Вплив анальциму (5 мг на чашку Петрі), аленопатично активних речовин (100 мкМ) та їх сумішей на ріст проростків пшениці за холодного стресу: 1 – контроль (оптимальна температура), 2 – контроль (холодовий стрес), 3 – анальцим, 4 – DL-аспарагін, 5 –  $\gamma$ -аміномасляна кислота, 6 – DL-лейцин, 7 – гесперидин, 8 – кавава, 9 – хлорогенова, 10 – саліцилова, 11 – сирінгова кислоти, 12 – анальцим + DL-аспарагін, 13 – анальцим +  $\gamma$ -аміномасляна кислота, 14 – анальцим + DL-лейцин, 15 – анальцим + гесперидин, 16 – анальцим + кавава кислота, 17 – анальцим + хлорогенова кислота, 18 – анальцим + саліцилова кислота, 19 – анальцим + сирінгова кислота

При сумісному застосуванні анальциму з  $\gamma$ -аміномасляною кислотою ( $Kc\delta = - 7,3$ ,  $ДІ = \pm 1,8$ ), а також кавовою ( $Kc\delta = - 7,3$ ,  $ДІ = \pm 1,8$ ), хлорогеновою ( $Kc\delta = - 5,2$ ,  $ДІ = \pm 2,3$ ), саліциловою ( $Kc\delta = - 8,3$ ,  $ДІ = \pm 4,1$ ), сирінговою ( $Kc\delta = - 9,2$ ,  $ДІ = \pm 2,6$ ) кислотами, діатоміту з кавовою ( $Kc\delta = - 8,4$ ,  $ДІ = \pm 3,5$ ) кислотою спостерігали антагоністичне послаблення їх стимулюючого ефекту на ріст кореневої системи тест-рослин. Для решти сумішей коефіцієнт сумісної дії факторів не перевищував межі довірчих інтервалів.

У цілому для сумішей анальциму з аделопатично активними речовинами спостерігали потенціювання у 12,5 %, антагонізм – у 62,5 % досліджених сумішей. Для комбінацій діатоміту з дослідженими аделопатично активними сполуками ефект потенціювання не спостерігали, антагонізм було відмічено у 12,5 % випадків. Для комбінацій силікату калію з органічними сполуками потенціювання спостерігали у 25 % випадків (табл.6.5).

Таблиця 6.5

**Комбінована дія кремнієвмісних мінералів та аделопатично активних речовин на показники росту проростків пшениці за холодогового стресу.**

А – антагонізм, П – потенціювання, “-” – відсутність фізіологічної взаємодії між факторами

Кремнієвмісні мінерали	Анальцим		Діатоміт		K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	
	Надземні частини	Корені	Надземні частини	Корені	Надземні частини	Корені
Аделопатичні сполуки						
DL-аспарагін	П	П	-	-	-	-
$\gamma$ -аміномасляна	-	А	-	-	П	П
DL-лейцин	-	-	-	-	П	П
Кавова к-та	-	А	А	-	-	-
Хлорогенова	-	А	-	-	-	-
Саліцилова к-та	-	А	-	-	-	-
Сирінгова	-	А	-	-	-	-
Гесперидин	-	-	-	-	-	-

Таким чином, наявність ефекту сумісної дії (потенціювання або антагонізму) між дослідженими кремнієвмісними мінералами та аделопатично активними сполуками залежить від хімічної природи останніх та фізіологічного процесу, по відношенню до якого оцінюється їх дія. Кремнієвмісні мінерали відомі своєю здатністю до адсорбції низькомолекулярних органічних сполук, які мають заряджені групи атомів. Також відомо, що біологічно активний кремній може стимулювати поглинальну здатність кореневої системи, в тому числі й до біостимуляторів. Цим можна пояснити ефект потенціювання за комбінованого застосування анальциму з DL-аспарагіном, а також силікату

калію з  $\gamma$ -аміномасяльною кислотою та DL-лейцином. Проте лише ці обидва механізми не можуть пояснити всі спостережені нами закономірності сумісної дії впливу між дослідженими речовинами. Наприклад, за комбінованої дії анальциму з  $\gamma$ -аміномасяльною, кавовою, хлорогеновою, саліциловою та сирінговою кислотами ефект антагонізму спостерігали лише для росту кореневої системи, тоді як по відношенню до росту надземних пагонів загальний ефект суміші дорівнював сумарній дії окремих факторів, тому таке послаблення сумарного ефекту не можна пояснити фізичним антагонізмом (тобто адсорбцією або іммобілізацією алелопатично активних речовин). Подібну закономірність спостерігали також для діатоміту та кавової кислоти. Очевидно, що комбінована дія кремнієвмісних мінералів з низькомолекулярними органічними біологічно активними речовинами має більш складні механізми взаємодії при впливі на фізіологічні процеси росту та розвитку тест-рослин.

Іншим важливим фактором, що лімітує ріст та розвиток рослин в сучасних агроєкосистемах є забруднення ґрунту токсичними речовинами внаслідок надмірного застосування агрохімікатів, промислової діяльності, викидів транспортних засобів. Одним із розповсюджених видів такого забруднення є надмірні концентрації токсичних металів. У багатьох регіонах України їх вміст у ґрунті, воді та повітрі перевищує гранично допустимі концентрації (Коршиков, 2001). Іони металів проявляють високу мобільність та біологічну активність і, включаючись у біологічний колообіг, можуть акумулюватися у прикореневому ґрунті, створюючи несприятливі умови для мінерального живлення рослин. Фітотоксичність металів зумовлена такими фізико-хімічними властивостями, як електронна конфігурація, електронегативність, здатність до іонізації, окисно-відновний потенціал, спорідненість до окремих хімічних груп рослинних ферментів та інших важливих біомолекул, здатністю проникати через клітинну оболонку і утворювати комплекси на поверхні і всередині клітини (Орлов та ін., 2002).

Серед токсичних металів, які акумулюються у гумусовому горизонті ґрунту найбільш поширені залізо, алюміній, манган, мідь, цинк, хром, кадмій, свинець тощо (Орлов та ін., 2002). Більшість з вищезазначених речовин є мікроелементами, необхідними для нормальної життєдіяльності рослин. Зокрема, манган в рослинному організмі сприяє утилізації  $\text{CO}_2$ , підвищуючи інтенсивність фотосинтезу та бере участь у процесах відновлення нітратів і асиміляції азоту. Проте у разі накопичення у токсичних концентраціях, цей метал лімітує ріст та розвиток рослин, особливо на кислих ґрунтах (<5.5). Останні займають приблизно 30 % від загальної площі орних земель світу. Майже 70 % потенційно орних земель в світовому масштабі є кислими (Vonuekull et al., 1995). Традиційні методи ремедіації кислих ґрунтів вапнуванням є дорогими, екологічно небезпечними та неефективними для глибоких шарів ґрунту. Тому значна

увага дослідників спрямована на підвищення стійкості культурних рослин до токсичних доз іонів мангану в ґрунтовому розчині.

У лабораторних дослідах вивчали вплив кремнієвмісних природних мінералів (трепелу, анальциму, силікатів натрію та калію), синтетичних аналогів природних алелопатично активних сполук (амінокислот, фенольних кислот, флавоноїдів), їх сумішей на стійкість насіння та проростків пшениці озимої (сорт “Смуглянка”) до токсичних концентрацій мангану.

Для цього нами було відпрацьовано методику для оцінки впливу біологічно активних речовин на стійкість тест-рослин насіння та проростків пшениці до фітотоксичних концентрацій мангану. Досліджено залежність токсичного ефекту мангану від концентрації, умов температури та освітлення (рис. 6.17).

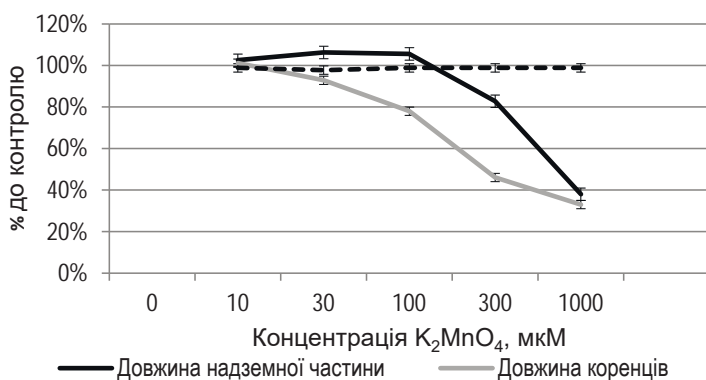


Рис. 6.17. Залежність схожості насіння та росту проростків пшениці від концентрації  $K_2MnO_4$  у поживному розчині

Найбільш чутливим до токсичних доз мангану був ріст коренців проростків пшениці. Схожість насіння та кількість коренів у проростків пшениці практично не реагували на присутність іонів мангану у поживному розчині за умов розсіяного сонячного освітлення та температури повітря 18–20 °С (див.рис. 6.17). Для подальших досліджень захисної дії кремнієвмісних мінералів, синтетичних аналогів алелопатично активних речовин та їх сумішей нами було обрано концентрацію  $K_2MnO_4$  (1000 мкМ), яка пригнічувала розвиток надземних частин та коренців проростків пшениці на 61 % та 68 %, відповідно.

Подальші дослідження показали, що умови вирощування тест-рослин (зокрема освітлення та температура повітря) суттєво впливають на їх здатність адаптуватися до фітотоксичних концентрацій мангану (рис. 6.18).

Так, тест-рослини, які вирощували у термостаті (за відсутності освітлення, постійної температури повітря 26°C) краще адаптувалися до присутності  $K_2MnO_4$  (1000 мкМ) порівняно з рослинами, які вирощували за умов розсіяного сонячного освітлення та температури 18°C. Перші мали

кращі показники росту надземних частин (порівняно з контролем за відповідних умов), майже вдвічі більшу кількість первинних корінців. Хоча останні були дещо коротшими, загальна довжина кореневої системи у тест-рослин, які вирощували у термостаті була менше пригнічена порівняно з рослинами, вирощеними за присутності розсіяного сонячного освітлення. Слід зазначити, що показник рН субстрату складав 7,48 в обох зазначених серіях дослідів і не залежав від умов освітлення та температури.

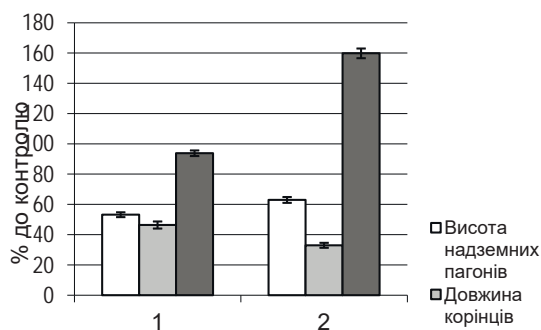


Рис. 6.18. Токсичність  $K_2MnO_4$ (1000 мкМ, рН = 7,48) по відношенню до проростків пшениці, які вирощували (1) у фітокамері за освітлення 3000 лк, температури 18°C, та (2) термостаті (темрява за постійної температури 26°C)

Таким чином, можна передбачити існування в рослинах пшениці різних механізмів захисту до токсичних концентрацій мангану, які залежать від умов освітлення та температури.

Враховуючи вищезазначене, дослідження захисної дії кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних сполук проводили паралельно за умов термостату (відсутність освітлення,  $T = 26^\circ C$ ) та розсіяного сонячного освітлення в лабораторії ( $T = 18-20^\circ C$ ).

Аналіз результатів досліджень впливу кремнієвмісних мінералів на стійкість проростків пшениці до мангану показав, що за умов термостатування лише анальцим істотно стимулював ріст надземних частин та корінців проростків озимої пшениці до фітотоксичних доз мангану (рис. 6.19 А).

Трепел та  $Na_2SiO_3$  дещо стимулювали ріст надземних частин проростків, але були неефективними щодо розвитку кореневої системи проростків пшениці. В той час, як за умов розсіяного сонячного освітлення та нижчої температури всі протестовані мінерали позитивно впливали на стійкість пшениці до мангану: помітно зростали показники росту надземних частин та коренів тест-рослин за фітотоксичної дози  $K_2MnO_4$  (рис. 6.20).

Таким чином, можна передбачити взаємодію досліджених кремнієвмісних мінералів із залежними від освітлення системами захисту рослин за фітотоксичних концентрацій мангану. При цьому анальцим впливає на обидва типи захисних систем, а трепел,  $Na_2SiO_3$  та  $K_2SiO_3$  лише на системи, які активуються за освітлення.

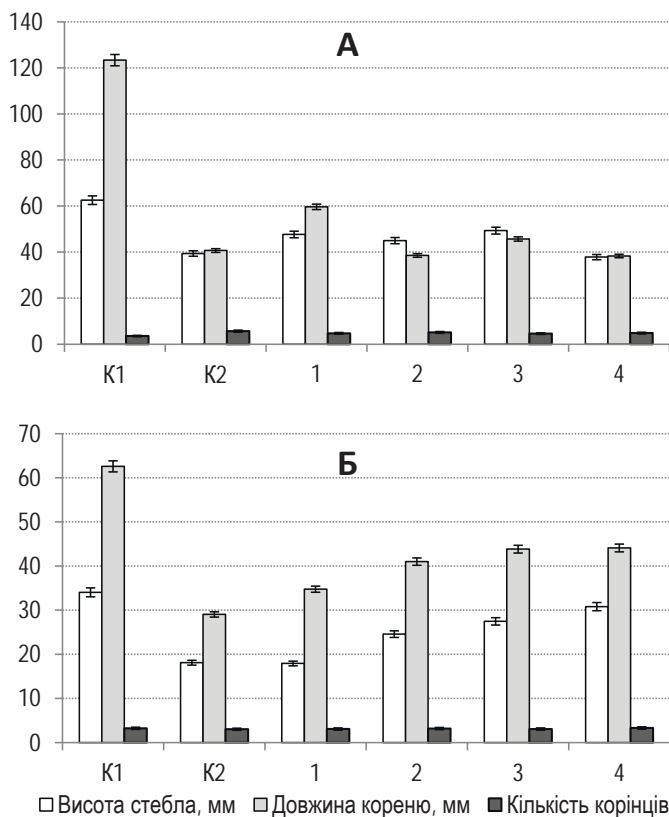


Рис.6.19. Вплив кремнієвмісних мінералів (10 мг на чашку Петрі) на стійкість проростків пшениці до  $K_2MnO_4$  (1000 мкМ), які вирощували в термостаті (А) та за розсіяного сонячного освітлення (Б). К1 – без внесення захисних речовин та  $K_2MnO_4$ , К2, 1-4 – за внесення  $K_2MnO_4$ , 1 – аналіцим, 2 – трепел, 3 –  $Na_2SiO_3$ , 4 –  $K_2SiO_3$



Рис.6.20. Вплив внесення  $Na_2SiO_3$  в концентрації 10 мг на чашку Петрі на розвиток проростків пшениці у середовищі з  $K_2MnO_4$  (1000 мкМ) за умов розсіяного сонячного освітлення (3) та в термостаті (2). 1 – контроль (без внесення  $K_2MnO_4$ )

Дослідження протекторних властивостей синтетичних аналогів аделопатично активних речовин (амінокислот, фенольних кислот, гесперидину) в концентрації 100 мкМ та кінетину в концентрації 10 мкМ показало відсутність залежності їх ефекту від умов освітленості. Серед протестованих сполук лише гентизинова та саліцилова кислоти проявили достовірний захисний ефект по відношенню до проростків пшениці, які експонували фітотоксичній дозі  $K_2MnO_4$  (1000 мкМ). Решта досліджених сполук не спричиняли достовірного ефекту на стійкість проростків пшениці до токсичних концентрацій мангану (рис. 6.21, табл. 6.6).

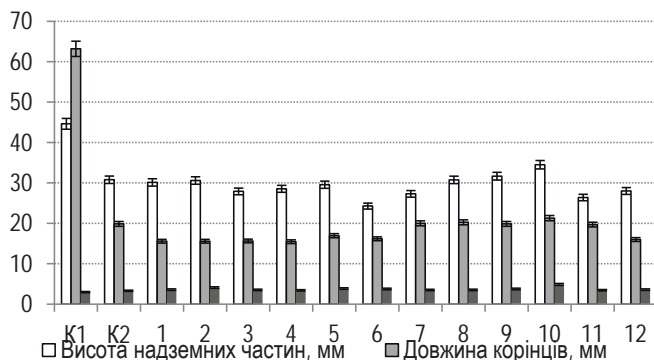


Рис. 6.21. Захисний ефект кремнієвмісних мінералів (10 мг на чашку Петрі) та синтетичних аналогів аделопатично активних речовин (концентрація – 100мкМ) по відношенню до проростків пшениці, які зростали за внесення 1000 мкМ  $K_2MnO_4$  (K2, 1–11) або у контролі без внесення мангану (K1). K2 – без внесення  $K_2MnO_4$ , 1 –  $\gamma$ -аміномасляна, 2 – DL-аспарагін, 3 –  $\gamma$ -амінооцтова, 4 – L-аргінінгідрохлорид, 5 – DL-лейцин, 6 – DL- $\beta$ -феніл- $\alpha$ -аланін, 7 – L-пролін, 8 – корична, 9 – саліцилова, 10 – гентизинова, 11 – гесперидин, 12 – кінетин

Таблиця 6.6

Комбінована дія кремнієвмісних мінералів (KM) та аделопатично активних речовин (AP) у разі їх комбінованого впливу на показники росту проростків пшениці, які вирощували за присутності 1000 мкМ  $K_2MnO_4$ . А – антагонізм, П – потенціювання, “-” – відсутність фізіологічної взаємодії між факторами

AP \ KM	Анальцим		Трепел		$Na_2SiO_3$		$K_2SiO_3$	
	Пагін	Корені	Пагін	Корені	Пагін	Корені	Пагін	Корені
DL-аспарагін	А	А	-	-	-	-	-	-
$\gamma$ -аміно-масляна	-	А	-	-	-	-	-	-
DL-лейцин	-	А	-	-	-	-	П	П
Гентизинова кислота	П	П	-	-	П	П	П	П
Саліцилова кислота	П	П	-	-	-	П	П	П
Гесперидин	П	П	-	-	-	-	-	-
Кінетин	-	А	-	-	-	-	-	-



А додавання амінокислот ( $\gamma$ -аміномасляної, DL-аспарагіну,  $\gamma$ -амінооцтової, L-аргінінгідрохлориду, DL-лейцину, DL- $\beta$ -феніл- $\alpha$ -аланіну) у поживний розчин посилювало токсичний ефект мангану на проростки пшениці.

Аналіз сумісної дії кремнієвмісних мінералів (анальциму, трепелу,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) з амінокислотами ( $\gamma$ -аміномасляною, DL-аспарагіном, DL-лейцином), фенольними кислотами (саліциловою, гентизиною), гесперидином та кінетином дозволив виявити ефекти сумісної дії: потенціювання – у разі сумісного застосування фенольних кислот з анальцимом,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ , а також анальциму з гесперидином; антагонізму – амінокислот та кінетину з анальцимом (рис. 6.22).

Серед досліджених сумішей найбільшу протекторну дію продемонструвала суміш гентизинової кислоти з анальцимом ( $Kc\partial = 8,4$ ;  $DI = 2,7$ ).

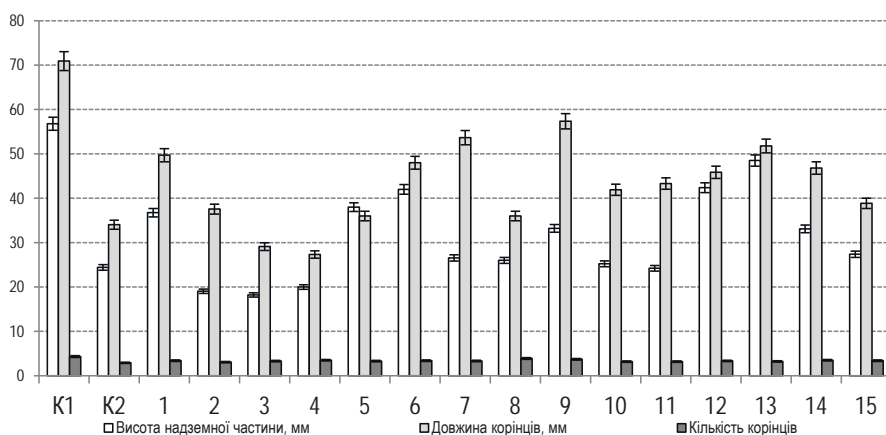


Рис. 6.22. Сумісна дія анальциму (10 мг на чашку Петрі) та синтетичних аналогів аделопатично активних речовин (концентрація – 100 мкМ) на стійкість проростків пшениці до фітотоксичної концентрації (1000 мкМ)  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  (K2, 1-11) або у контролі без внесення мангану (K1). K2 – без внесення  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ , 1 – анальцим, 2 – DL-аспарагін, 3 –  $\gamma$ -аміномасляна кислота, 4 – DL-лейцин, 5 – саліцилова, 6 – гентизинова, 7 – гесперидин, 8 – кінетин, 9 – анальцим+ DL-аспарагін, 10 – анальцим +  $\gamma$ -аміномасляна кислота, 11 – анальцим + DL-лейцин, 12 – анальцим + саліцилова кислота, 13 –анальцим + гентизинова кислота, 14 – анальцим + гесперидин, 15 –анальцим+кінетин

Ми вважаємо перспективними подальші дослідження протекторної дії суміші кремнієвмісних мінералів з гентизиноюю та саліциловою кислотами по відношенню до рослин, що зростають за умов забруднення токсичними металами.

Останнім часом проблема кислотних опадів набуває соціальної важливості через стрімкий промисловий та економічний розвиток у багатьох країнах світу. Кислотні дощі, утворені двома основними

забруднювачами повітря – диоксидом сірки ( $\text{SO}_2$ ) та оксидами азоту ( $\text{NO}_x$ ) представляють сьогодні серйозну екологічну загрозу, оскільки завдають значної шкоди як природним, так і агроecosystemам. Рослинність і ґрунт є основним стоком для вище окреслених забруднювачів атмосфери. Потрапляючи у ґрунтове середовище, кислотні опади змінюють хімічні та фізичні властивості ґрунтової води, яка є основним середовищем живлення рослин та мікрофлори ґрунту. Концентрація іонів гідрогену, яка визначає рН ґрунту, регулює доступність всіх елементів живлення для рослин. Тому надлишок цих іонів спричиняє абіотичний стрес, дисбаланс та дефіцит поживних речовин.

На сьогодні кислотні опади вважають одним із основних абіотичних стресів для рослин. Проте лише обмежена кількість досліджень присвячена дослідженню фізіологічних реакцій рослин на імітовані кислотні дощі. Встановлено, що останні, як правило, пригнічують ріст рослин, порушують метаболізм рослин, фотосинтез, водний баланс, антиоксидантні системи захисту.

Сумісний вплив імітованих кислотних дощів та захисних речовин (кремнієвмісних мінералів, синтетичних аналогів алелопатично активних сполук) на ріст проростків пшениці м'якої озимої (сорт "Смуглянка") вивчали в лабораторних дослідках.

Для цього нами було досліджено вплив кислотності розчинів, які застосовували для поливу проростків пшениці на ріст останніх. Насіння пшениці висівали в чашки Петрі на фільтрувальний папір. Кислотні опади моделювали розчином  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в дистильованій воді. Проростки культивували впродовж 5 діб у термостаті за температури  $26^\circ\text{C}$ , освітленні 2500 лк.

Досліджений сорт пшениці проявив відносно високу стійкість до кислотності субстрату (рис. 6.23). Суттєве пригнічення росту надземних частин та коренів проростків спостерігалось лише за найнижчого рівня кислотності (рН = 2). Ступінь пригнічення кореневої системи був значно більшим порівняно з надземними частинами.

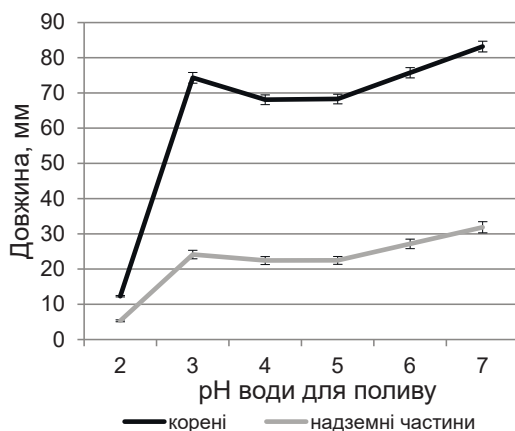


Рис. 6.23. Вплив кислотності води для поливу на ріст проростків пшениці

У подальших дослідженнях кислотні опади імітували поливом тест-рослини дистильованою водою, підкисленою сірчаною кислотою до рН = 2. Проведено скринінгові досліді з 6 природними кремнієвмісними мінералами та 5 синтетичними аналогами аделопатично активних сполук (флавоноїди, амінокислоти) щодо їх захисної дії за токсичного рівня іонів гідрогену (рН = 2) у субстраті. Мінерали та аделопатично активні сполуки вносили в кількості 10 та 3 мг на чашку Петрі відповідно після поливу кислим розчином.

Практично всі досліджені речовини, окрім гесперидину, в тій чи іншій мірі покращували ріст проростків пшениці за токсичних концентрацій іонів гідрогену (рис. 6.24). Ступінь захисного ефекту був більшим по відношенню до ростових реакцій кореневої системи порівняно з надземними частинами. Серед досліджених мінералів найбільшим захисним ефектом відзначався  $\text{CaSiO}_3$ , дещо менш ефективними були анальцим,  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  та  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Серед протестованих органічних сполук найбільш ефективною була  $\gamma$ -аміномасляна кислота (рис. 6.25).

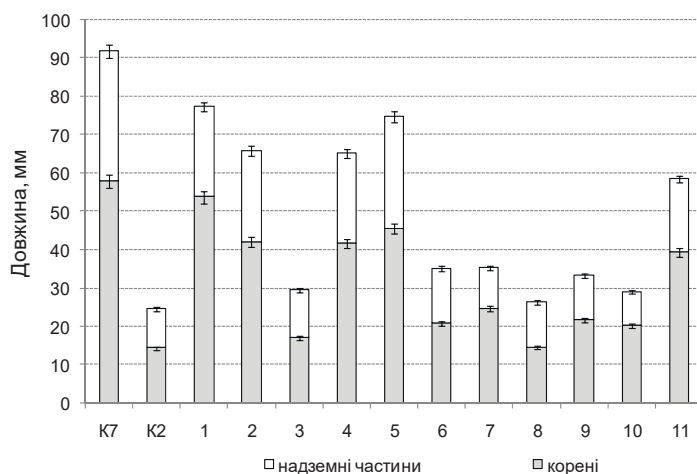


Рис.6.24. Захисна дія кремнієвмісних мінералів та синтетичних аналогів аделопатично активних сполук (флавоноїди, амінокислоти) на ростові реакції проростків пшениці за рН = 2 (K2, 1-11). K7 – контроль за оптимального рівня рН, K2 – контроль за імітованих кислотних опадів (рН=2). 1 –  $\text{CaSiO}_3$ , 2 – анальцим, 3 – трепел, 4 –  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 5 –  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ , 6 – діатоміт, 7 – кверцетин, 8 – гесперидин, 9 – морин, 10 – аспарагінова кислота, 11 –  $\gamma$ -аміномасляна кислота

Аналіз комбінованої дії кремнієвмісних мінералів (анальциму, діатоміту та  $\text{CaSiO}_3$ ) з синтетичними аналогами аделопатично активних речовин (DL-аспарагіном,  $\gamma$ -аміномасляною кислотою, кверцетином та кінетином) виявив ефекти потенціювання у разі сумісного застосування  $\text{Ca}_2\text{SiO}_3$  з  $\gamma$ -аміномасляною кислотою ( $Kcd=8,8$ ,  $DI=\pm 5,4$ ), а також анальциму з

кверцетином ( $Kc\delta=7,9$ ,  $ДІ=\pm 4,1$ ); антагонізму – у разі застосування анальциму з DL-аспарагіном ( $Kc\delta=-7,4$ ,  $ДІ=\pm 4,3$ ) та  $\gamma$ -аміномалярною кислотою ( $Kc\delta=-5,8$ ,  $ДІ=\pm 4,7$ ) (табл.6.7).



Рис. 6.25. Розвиток проростків пшениці за рН = 7 (1); рН = 2 (2–4).  
3 – проростки оброблені  $CaSiO_3$ ; 4 –  $\gamma$ -аміномалярною кислотою

Таблиця 6.7

**Комбінована дія кремнієвмісних мінералів (КМ) та аделопатично активних речовин (АР) у разі їх сумісного впливу на показники росту проростків пшениці, яку вирощували за рН=2. А – антагонізм, П – потенціювання, “-” – відсутність фізіологічної взаємодії між факторами**

КМ \ АР	Анальцим		Діатоміт		$Ca_2SiO_3$	
	Пагін	Корені	Пагін	Корені	Пагін	Корені
DL-аспарагін	А	А	-	-	-	П
$\gamma$ -аміномалярна кислота	-	А	-	-	П	П
Кверцетин	П	П	-	-	-	-
Кінетин	-	А	-	-	-	-

Силікат кальцію та  $\gamma$ -аміномалярну кислоту було відібрано для подальших досліджень їх захисної дії по відношенню до рослин пшениці, які вирощували за токсичних концентрацій іонів гідрогену у субстраті.

Залежність ефекту вище окреслених речовин та їх суміші (1:1) від концентрації мала параболічний або прямопропорційний характер (рис. 6.26). Максимальну стимулюючу дію на ріст коренів і надземних частин  $CaSiO_3$  та  $\gamma$ -аміномалярна кислота спричиняли в концентрації 0,1 %. В цілому захисна дія суміші була дещо більшою, ніж сума ефектів окремих

речовин у межах дослідженого діапазону концентрацій. Коефіцієнт сумісної дії позитивно залежав від концентрації компонентів суміші і набув максимального значення ( $K_{cd}=9,8$ ,  $DI=\pm 5,6$ ) за 0,5% концентрації діючих речовин.

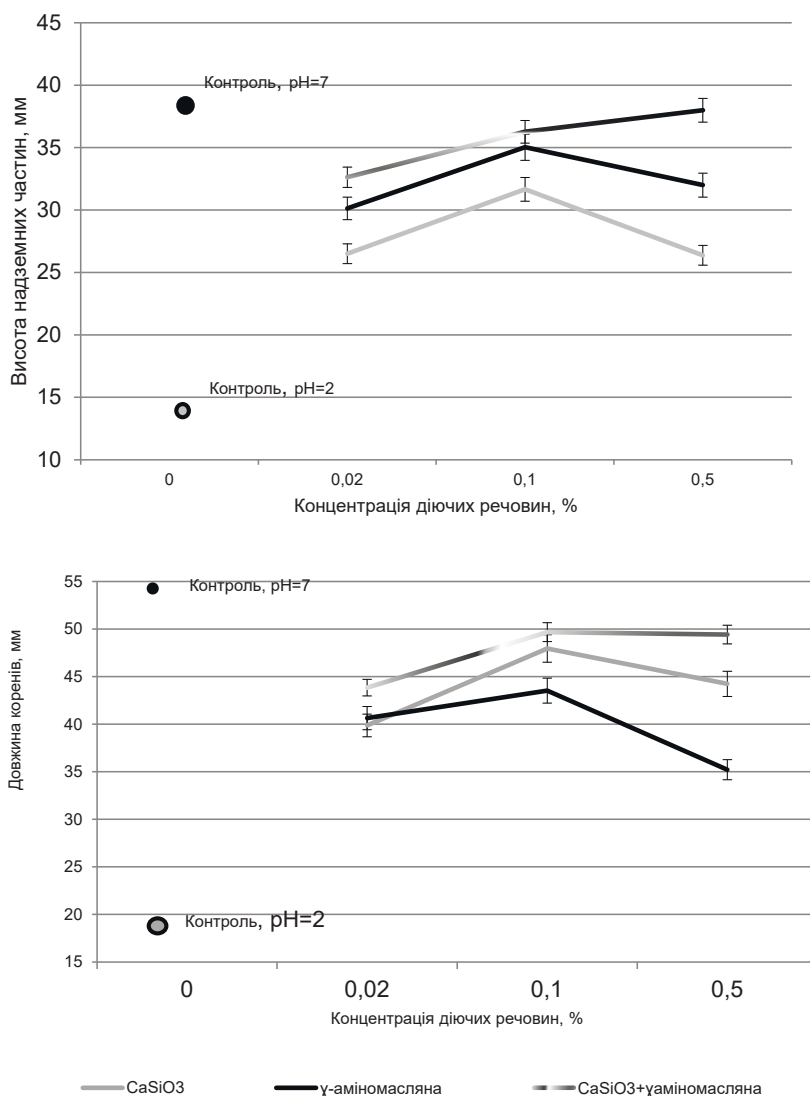


Рис. 6.26. Залежність захисного ефекту CaSiO<sub>3</sub>, γ-аміномасляної кислоти та їх суміші від їх концентрації. Біотест – проростки пшениці

Аналіз агрофізичних характеристик субстрату показав, що лише максимальні концентрації (0,5 %) досліджених речовин спричиняли суттєві зміни кислотності (pH), окисно-відновного потенціалу (ОВП) та

електропровідності поживного розчину, які могли б пояснити покращення росту проростків пшениці (табл. 6.8). Проте найбільше стимулювання  $\text{CaSiO}_3$  та  $\gamma$ -аміномасляна кислота проявляли за концентрації 0,1%. Це свідчить про інший механізм дії досліджених сполук.

Таблиця 6.8

**Вплив концентрації  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\gamma$ -аміномасляної кислоти та їх суміші на агрофізичні властивості субстрату**

Варіанти дослідів	Концентрація, %	pH	ОВП, mV	ЕС, $\mu\text{S}/\text{cm}$
Контроль (pH = 7)		7,11	135	543
Контроль (pH = 2)		2,01	391	2300
$\text{CaSiO}_3$	0,02	2,05	419	2000
$\text{CaSiO}_3$	0,1	2,18	442	1900
$\text{CaSiO}_3$	0,5	6,63	108	1002
$\gamma$ -аміномасляна	0,02	2,08	424	2400
$\gamma$ -аміномасляна	0,1	2,9	395	1000
$\gamma$ -аміномасляна	0,5	4,59	181	794
$\text{CaSiO}_3 + \gamma$ -аміномасляна	0,02	2,09	431	2300
$\text{CaSiO}_3 + \gamma$ -аміномасляна	0,1	2,52	413	1200
$\text{CaSiO}_3 + \gamma$ -аміномасляна	0,5	5,05	186	751

Вплив  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\gamma$ -аміномасляної кислоти та їх суміші на фізіологічні процеси в тест-рослинах пшениці м'якої озимої (сорт "Смуглянка") та кукурудзи кормової (сорт "Кадр 267 МВ") досліджували у факторному вегетаційному досліді. Насіння тест-рослин висівали у пластикові посудини (0,2 л) зі стерилізованим та просіяним через 2 мм сито сірим опідзоленим ґрунтом. Досліди проводили у фітокамері (температура – 24°C, освітлення – 2300 лк). Вологість ґрунту підтримували на рівні 60 % ПВ. Кислотні опади імітували поливом тест-рослин розчином сульфатної кислоти у дистильованій воді (pH = 2) на початку дослідів та через три дні після посіву тест рослин (по 10 мл розчину на посудину). Тривалість дослідів – 3 тижні. Контролем слугували рослини, які поливали дистильованою водою (pH = 7) у відповідній кількості. Наприкінці експериментів аналізували морфометричні показники росту надземних частин та коренів, вміст фотосинтетичних пігментів, показники водного режиму (відносний вміст води, водний дефіцит), вміст проліну в листках.

Аналіз результатів вегетаційних експериментів показав, що імітовані кислотні опади пригнічували ріст та накопичення біомаси дослідженими зерновими культурами. Застосування суміші  $\text{CaSiO}_3$  та  $\gamma$ -аміномасляної

кислоти повністю компенсувало пригнічення росту надземних частин та коренів тест-рослин, спричинене імітованими кислотними опадами (табл. 6.9).

Таблиця 6.9

**Морфометричні показники росту пшениці та кукурудзи за імітованих кислотних опадів. НІР – найменша істотна різниця за  $P < 0,05$**

Діюча речовина	Висота пагонів, мм	Довжина корінців, мм	Кількість корінців, шт.	Маса пагонів, мг	Маса кореневої системи, мг
<b>Пшениця</b>					
контроль (pH=7)	287	147	3,1	28,7	5,4
контроль (pH=2)	255	125	2,9	22,2	4,1
CaSiO <sub>3</sub>	282	151	3,9	25,9	6,8
γ-аміномасляна	289	154	4,1	29,5	10,0
CaSiO <sub>3</sub> +γ-аміномасляна	302	173	3,5	28,3	7,5
<i>НІР</i>	5,6	4,4	0,1	2,2	3,0
<b>Кукурудза</b>					
контроль (pH=7)	298	193	4,3	112,5	42,5
контроль (pH=2)	238	149	4,6	90,6	38,9
CaSiO <sub>3</sub>	276	178	5,6	81,2	32,6
γ-аміномасляна	294	187	5,2	92,5	33,4
CaSiO <sub>3</sub> +γ-аміномасляна	295	194	5,6	110,4	45,2
<i>НІР</i>	4,9	2,8	0,2	1,8	2,4

Індивідуальні компоненти суміші CaSiO<sub>3</sub> та γ-аміномасляна кислота частково компенсували негативний ефект імітованих кислотних опадів (рис. 6.27).



Рис. 6.27. Вплив внесення в ґрунт CaSiO<sub>3</sub> (3), γ-аміномасляної кислоти(4) та їх суміші 1:1 (5) на ростові реакції пшениці та кукурудзи за імітованих кислотних опадів (2–5). 1 – контроль без імітованих кислотних опадів; 2 – контроль за імітованих кислотних опадів

Аналіз вмісту фотосинтетичних пігментів у листках тест-рослин пшениці та кукурудзи показав, що імітовані кислотні опади достовірно знижували вміст хлорофілу *a*, *b* та каротиноїдів у листках кукурудзи, тоді як відповідні зміни в листках пшениці не перевищували значення довірчих інтервалів (табл. 6.10).

Таблиця 6.10

**Вміст фотосинтетичних пігментів, флавоноїдів, антоціанів та проліну (мг на г сирової речовини) у листках пшениці за імітації кислотних опадів, НІР – найменша істотна різниця за  $P < 0,05$**

Варіант	Фотосинтетичні пігменти, мг/г сирової маси листків			Флавоноїди, мг/г сирової маси листків	Антоціани, мг/г сирової маси		Пролін, мг/г сухої маси листків
	хлорофіл <i>a</i>	хлорофіл <i>b</i>	каротиноїди		пагін	корені	
<b>Пшениця</b>							
контроль (рН=7)	8,4	2,9	1,6	0,38	-	-	0,10
контроль (рН=2)	7,6	2,4	1,2	0,53	-	-	0,20
CaSiO <sub>3</sub>	8,2	2,7	1,6	0,38	-	-	0,15
γ-аміномасляна	9,2	3,1	1,8	0,36	-	-	0,18
CaSiO <sub>3</sub> + γ-аміномасляна	9,5	3,3	1,9	0,38	-	-	0,18
<i>НІР</i>	<i>0,93</i>	<i>0,61</i>	<i>0,22</i>	<i>0,04</i>	-	-	<i>0,02</i>
<b>Кукурудза</b>							
контроль (рН=7)	14,4	6,8	2	0,42	2,51	1,05	0,05
контроль (рН=2)	11,8	5,5	1,6	0,62	3,86	1,81	0,22
CaSiO <sub>3</sub>	14,8	7,2	2,2	0,41	3,00	1,20	0,10
γ-аміномасляна	14,2	6,7	2	0,46	3,06	1,55	0,13
CaSiO <sub>3</sub> +γ-аміномасляна	14,9	7,4	2,4	0,44	2,47	1,77	0,15
<i>НІР</i>	<i>0,82</i>	<i>0,44</i>	<i>0,24</i>	<i>0,03</i>	<i>0,06</i>	<i>0,07</i>	<i>0,04</i>

Вміст захисних низькомолекулярних сполук (проліну, флавоноїдів та антоціанів) достовірно зростав в тканинах досліджених тест-культур. Це свідчило про зростання напруженості стресового стану в тест-рослинах за імітованих кислотних опадів.

Внесення CaSiO<sub>3</sub> або γ-аміномасляної кислоти, а також їх суміші повністю компенсувало негативний вплив імітованих кислотних опадів на синтез фотосинтетичних пігментів. Найбільш ефективно стимулювали синтез хлорофілів суміш силікату кальцію та γ-аміномасляної кислоти. Вміст захисних сполук, зокрема флавоноїдів, антоціанів та проліну, навпаки, зменшувався. Це свідчило про зниження напруженості стресового стану в тест-рослинах.

Агрохімічний аналіз ґрунту вегетаційних дослідів показав, що зміщення кислотності ґрунтового розчину, спричинене імітованими кислотними опадами майже повністю відновилося до рівня контролю (рН = 7) вже на



14 день після останнього поливу імітованим дощем з рН = 2 внаслідок природних процесів, що обумовлюють буферні властивості ґрунту (табл. 6.11). Натомість зміни електропровідності, вмісту аніонів NO<sub>3</sub><sup>-</sup> та HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> у ґрунтовому розчині тривали щонайменше до кінця дослідів.

Таблиця 6.11

**Вплив внесення CaSiO<sub>3</sub>, γ – аміномасляної кислоти та їх суміші на агрофізичні та агрохімічні показники ґрунту з-під пшениці та кукурудзи за умов імітованих кислотних опадів**

Варіант	рН	Електро- провідність, µS/cm	NO <sub>3</sub> , мг/л ґрунту	HCO <sub>3</sub> , м-екв./л	Окисно- відновний потенціал, мВ
Пшениця					
контроль (рН=7)	7,04 ± 0,3	111	30	1,6	138
контроль (рН=2)	6,95 ± 0,2	131	16	1,3	135
CaSiO <sub>3</sub>	7,02 ± 0,2	187	22	1,5	133
γ-аміномасляна	7,01 ± 0,3	201	46	1,4	134
CaSiO <sub>3</sub> + γ-аміномасляна	7,02 ± 0,3	174	45	1,6	128
Кукурудза					
контроль (рН=7)	7,02 ± 0,3	68	15	1,5	119
контроль (рН=2)	7,02 ± 0,3	84	13	1,1	118
CaSiO <sub>3</sub>	7,04 ± 0,3	100	14	1,4	121
γ-аміномасляна	7,01 ± 0,3	93	15	1,4	123
CaSiO <sub>3</sub> +γ-аміномасляна	7,02 ± 0,3	76	15	1,5	121

Внесення досліджених меліорантів у ґрунт сприяло зростанню електропровідності та вмісту аніонів NO<sub>3</sub><sup>-</sup> та HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Зростання HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> до рівня контролю (рН = 7) у разі внесення суміші CaSiO<sub>3</sub> та γ-аміномасляної кислоти свідчить про відновлення карбонатно-кальцієвої системи CaCO<sub>3</sub>-Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>, яка є одним з механізмів буферності ґрунту. Таким чином, внесення CaSiO<sub>3</sub>, γ – аміномасляної кислоти та їх суміші стимулює адаптацію тест-рослин до кислотного стресу через вплив на буферні властивості ґрунту та фізіологічні процеси в тест-рослинах.

Узагальнення результатів наших досліджень, а також літературні відомості щодо комбінованої дії кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних речовин викладені в публікаціях (Mohsenzadeh et al., 2011; Hussein et al., 2014; Arvin et al., 2014; Elrys et al., 2017) і представлені в таблиці 6.12.

Підсумовуючи наведені в таблиці дані можна зробити висновок, що спостережені нами та іншими авторами (Mohsenzadeh et al., 2011; Hussein et al., 2014; Arvin et al., 2014; Elrys et al., 2017) ефекти сумісної дії (потенціювання або антагонізм) між кремнієвмісними мінералами та алелопатично активними сполуками не можна пояснити лише адсорбуючими властивостями мінералів. Так, наприклад, анальцим, діатоміт та трепел мають схожі адсорбуючі властивості, проте їх

схильність посилювати або послаблювати ефект алелопатично активних сполук значно різняться.

Таблиця 6.12

**Ефекти сумісної дії кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних речовин на стійкість рослин до абіотичних стресів.**

А – антагонізм, П – потенціювання, решта випадків – адитивна дія

Посуха та засолення			Токсичні метали		
	Анальці Трепел $K_2SiO_3$		Анальці Трепел $Na_2SiO_3$ $K_2SiO_3$		
Амінокислоти	П/А	А	Амінокислоти	А	
Гідроксикоричні кислоти	П		Флавоноїди	П	П
Фенольні кислоти	А/П	П	Фенольні кислоти	П	
Цитокініни	А		Цитокініни	А	
Низькі температури			Кислотні опади		
	Анальці Діатоміт $K_2SiO_3$		Анальці Діатоміт $CaSiO_3$		
Амінокислоти	П	П	Амінокислоти	А	П
Гідроксикоричні кислоти	П/А		Флавоноїди	П	
Фенольні кислоти	П/А	П	Цитокініни	А	
Цитокініни	А				

У найбільшій мірі серед досліджених мінералів таку схильність проявляв анальцим. Такі властивості анальциму можуть бути зумовлені присутністю оксидів металів – алюмінію (0,77–11,21 %) та заліза III (12,33–14,04 %). Останні можуть утворювати хелати з органічними кислотами і таким чином перешкоджати швидкому розкладу останніх ґрунтовою мікрофлорою. Меншою мірою здатність проявляти ефекти фізіологічної взаємодії з дослідженими алелопатично активними сполуками була притаманна діатоміту та трепелу. Досліджені силікати калію та натрію займали проміжне положення. Очевидно, це пов'язано зі здатністю зазначених вище силікатів розчинятися у воді та утворювати колоїдні розчини.

Крім того, характер сумісної дії (потенціювання, антагонізм або адитивний) залежав від хімічної природи інших компонентів суміші (алелопатично активних речовин), тривалості експозиції та природи стресового чинника. Наявність бензольного кільця та аміногруп у алелопатично активних речовин сприяла їх здатності взаємодіяти з кремнієвмісними мінералами. Зростання тривалості періоду експозиції також сприяло прояву ефекту потенціювання за сумісної дії компонентів досліджених сумішей.

На підставі окреслених вище узагальнень нами запропоновано концептуальну модель, яка дозволяє спрогнозувати можливий характер комбінованої дії кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних речовин (рис. 6.28.)

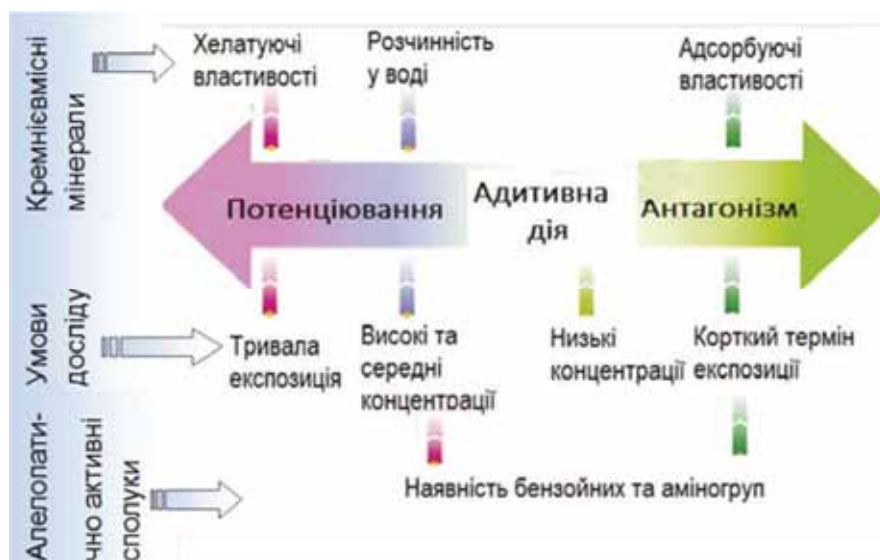


Рис. 6.28. Концептуальна модель комбінованої дії кремнієвмісних мінералів та алелопатично активних речовин на стійкість рослин до абіотичних стресів

Таким чином, досліджено закономірності комбінованої дії природних кремнієвмісних мінералів (анальциму, діатоміту, трепелу, силікату натрію, силікату калію, силікату кальцію) та алелопатично активних сполук (карбонових, фенольних та амінокислот, цитокінінів) на фізіологічні процеси (ріст, розвиток, водний режим, фотосинтез, активність систем антиоксидантного захисту) в тест-рослинах за абіотичних стресорів (посуха, екстремальні температури, токсичні метали, кислотні опади).

Встановлено, що окрім адсорбуючих та хелатуючих властивостей кремнієвмісні мінерали можуть впливати на прояв фізіологічного ефекту алелопатично активних речовин посилюючи або послаблюючи останній. Характер такої сумісної дії (потенціювання, антагонізм або адитивний) залежить від хімічної природи компонентів суміші, тривалості експозиції та природи стресового чинника. Виявлено найбільш ефективні комбінації кремнієвмісних мінералів з алелопатично активними речовинами з точки зору підвищення продуктивності та стійкості рослин до досліджених стресових факторів. Проаналізовано залежності розміру стимулюючого ефекту цих сумішей від їх концентрації та періоду експозиції. На підставі результатів власних спостережень та досліджень інших авторів створено концептуальну модель для оцінки можливого характеру сукупної дії кремнієвмісних мінералів та фізіологічно активних речовин. Встановлено,

що такі властивості кремнієвмісних мінералів, як наявність атомів металів, адсорбційна здатність, розчинність у воді та колоїдні властивості є визначальними щодо їх здатності взаємодіяти (тобто проявляти ефекти потенціювання або антагонізму) з алелопатично активними сполуками. Наявність бензольного кільця та аміногруп у алелопатично активних речовин сприяє їх здатності взаємодіяти з кремнієвмісними мінералами. Зростання тривалості періоду експозиції сприяє прояву ефекту потенціювання за сумісної дії компонентів досліджених сумішей.

Отримані результати можна застосовувати для проектування ефективних комбінацій сумішей кремнієвмісних мінералів з іншими біологічно активними речовинами з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських рослин та їх стійкості до абіотичних стресових чинників навколишнього середовища.

## ЗАКЛЮЧЕННЯ

---

Унаслідок виконання комплексної роботи з розробки наукових основ підвищення стійкості рослин теоретично обґрунтовано та розроблено фундаментальні і прикладні засади збереження, збагачення та ефективного використання ресурсів цінних інтродуцентів і рідкісних рослин за впливу кліматичних змін в Україні. Опрацьовано заходи з репатріації та реінтродукції рідкісних рослин. Встановлено біолого-екологічні, морфолого-анатомічні, фізіолого-біохімічні, аделопатичні, селекційно-генетичні, біотехнологічні та фітоценотичні критерії інтродукції, акліматизації, селекції рослин для створення нових фітогенетичних ресурсів, виявлення маркерів стійкості, підвищення адаптивних реакцій рослин, покращення відтворювальної функції і продуктивності цінних інтродуцентів, а також рідкісних рослин з метою прогнозування та упередження негативного впливу змін кліматичних умов.

Розроблено фундаментальні засади інтродукції, акліматизації, селекції та біотехнології рослин для збереження, збагачення і ефективного використання світового потенціалу тропічних, субтропічних, квітничково-декоративних, плодкових, харчових, енергетичних інтродуцентів, а також раритетних видів світової флори та України за впливу змін навколишнього середовища. Створено нові високостійкі форми рослин, які слугують цінним джерелом для виведення адаптивних гібридів та сортів з бажаними якісними і кількісними характеристиками.

Установлено біолого-екологічні, морфолого-анатомічні, фізіолого-біохімічні, аделопатичні, селекційно-генетичні та фітоценотичні критерії підвищення адаптаційної здатності, стійкості рослин, покращення відтворювальної функції, продуктивності, кількісно-якісних характеристик цінних інтродуцентів, а також рідкісних рослин для прогнозування і упередження негативного впливу змін кліматичних умов.

Визначено нові моделі для дослідження механізмів стійкості рослин до біотичних та абіотичних стресів. На основі наноматеріалу кремнієвмісних мінералів і аделопатично активних речовин розроблено наукові основи підвищення продуктивності та стійкості рослин до дії абіотичних стресорів. Установлено аделопатичні особливості рослин та їх роль у адаптивній стратегії видів.

Установлено кореляційно-регресійні залежності між морфолого-біометричними та біохімічними показниками рослин. Визначено динаміку та рівень накопичення важливих органічних сполук у рослин і показано взаємозв'язок між кількісно-якісними параметрами окремих речовин та ступенем адаптивних реакцій і стійкістю рослинних організмів до дії стрес факторів.

Розроблено ефективні методи розмноження, введення в культуру та охорони рослин. Виявлено структурні маркери для рідкісних та зникаючих видів, які дають змогу оптимізувати методи розмноження і постасептичної адаптації рослин.

Опрацьовано методи прогнозу та визначено інвазійний потенціал інтродуцентів у міських екосистемах. Розроблено ефективні заходи з фітосанітарного контролю інвазійних видів рослин у зв'язку з кліматичними змінами.

## CONCLUSION

### **“Resistance of introduced and rare plants under conditions of climatic changes in Ukraine”**

---

Comprehensive work on the development of scientific bases for increasing the resistance of introduced and rare plants has been carried out. The fundamental and applied principles of conservation, enrichment and effective use of resources of valuable introducers and rare plants under the influence of climatic changes in Ukraine have been theoretically substantiated and developed. Measures for the repatriation and reintroduction of rare plants have been developed. Biological-ecological, morphological-anatomical, physiological-biochemical, allelopathic, selection-genetic, biotechnological and phytocenotic criteria for the introduction, acclimatization, and selection of plants have been established. On this basis, new phytogenetic resources have been created, resistance markers have been identified, adaptive reactions of plants have been increased in order to predict and prevent the negative impact of changes in climatic conditions. The reproductive function and productivity of valuable introducers as well as rare plants have been improved.

The fundamental principles of introduction, acclimatization, selection and biotechnology of plants have been developed for the preservation, enrichment and effective use of the world potential of new introducers (tropical, subtropical, ornamental, fruit, food, energy), as well as rare species. New highly resistant forms of plants have been created, which serve as a valuable source for breeding adaptive hybrids and varieties with desired qualitative and quantitative characteristics.

Biological-ecological, morphological-anatomical, physiological-biochemical, allelopathic, selection-genetic and phytocenotic criteria for increasing the adaptability and resistance of plants for forecasting and prevention of the negative impact of changes in climatic conditions have been established. This contributed to the improvement of the reproductive function, productivity, quantitative and qualitative characteristics of valuable introducers and rare plants.

New models for studying the mechanisms of plant resistance to biotic and abiotic stresses have been identified. The scientific basis for increasing the productivity and resistance of plants to the action of abiotic stressors based on the nanomaterial of silicon-containing minerals and allelopathically active substances has been developed. The allelopathic features of plants and their role in the adaptive strategy of species have been established.

Correlation-regression dependencies between morphological-biometric and biochemical indicators of plants have been established. The dynamics and level of accumulation of important organic compounds in plants were determined. The relationship between the quantitative and qualitative parameters of individual substances and the degree of adaptive reactions and resistance of plant organisms to the action of stress factors is shown.

Effective methods of reproduction, introduction into culture and protection of plants have been developed. Structural markers for rare and endangered species have been identified, which make it possible to optimize methods of reproduction and postaseptic adaptation of plants.

Forecasting methods were developed and the invasive potential of introducers in urban ecosystems was determined. Effective measures for phytosanitary control of invasive plant species in connection with climatic changes have been developed.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

---

- Алексеев Е.Б., Губанов И.А., Тихомиров В.Н. Ботаническая номенклатура. Москва : МГУ, 1989. 166 с.
- Алиева З.М., Магомедалиева В.К., Гасангусенова Б.М. Роль биотехнологических методов в сохранении редких растений Дагестана. *Роль ботанических садов в изучении и сохранении генетических ресурсов природной и культурной флоры* : материалы Всерос. научной конференции. Махачкала, 1–5 окт. 2013 г. Махачкала : Наука – Дагестан, 2013. С. 24–28.
- Анненков Н. Ботанический словарь. Санкт-Петербург, 1978. 646 с.
- Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. Киев : “Малий друк”, 2006. 558 с.
- Артюшенко З.Т., Федоров А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений: Плод. Ленинград : Наука, 1986. 392 с.
- Артюшенко З.Т., Федоров А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений: Семя. Ленинград : Наука, 1990. 204 с.
- Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. / под ред. А.И. Толмачева. Москва : ГУГК, 1983. 340 с.
- Базилевская Н.А. Теории и методы интродукции растений. Москва : МГУ, 1964. 130 с.
- Баранова М.А. Классификация морфологических типов устьиц. *Бот. журн.* 1985. Т. 70. № 12. С. 1585–1595.
- Баранова М.А. Эпидермальные структуры и систематическое положение *Austrobaileya* spp. *Бот. журн.* 1992. Т. 77. № 6. С. 1–17.
- Баранова М.А. Принципы сравнительно-стоматографического изучения цветковых растений. Ленинград : Наука, 1990. 67 с.
- Барбарич А.І. Флора і рослинність Полісся Української РСР. // Нариси про природу та сільське господарство Українського Полісся. Київ : КДУ, 1955. С. 269–319.
- Барбаш В.А., Трембус І.В., Шевченко В.М., Рахметов Д.Б. Папір і картон із сіди багаторічної. *Упаковка*. 2011. № 1. С. 22–23.
- Барна М.М. Ботаніка. Терміни, поняття, персоналії. Київ : Центр Академія, 1997. 271 с.
- Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятов А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. Москва : МГУ, 2004. 312 с.
- Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск : Наука, 1974. 155 с.
- Белецкий Е.Н. Теория и технология многолетнего прогноза. *Защита и карантин растений*. 2006. № 5. С. 46–50.
- Белоус Ю.Н. Суккуленты. Москва : ЭКСМО, Донецк : СКИФ, 2003. 303 с.
- Биологический энциклопедический словарь. Изд. 2-е, исправл. Москва : Сов. Энциклопедия, 1989. 864 с.
- Булах П.Е. Теория и методы прогнозирования в интродукции растений монография. Киев : Наук. думка, 2010. 110 с.

Бурда Р.І. Небезпека рослинних інвазій у Голосіївському лісі та заходи щодо їх запобігання : збірник *Екологія Голосіївського лісу*. Київ : Фенікс, 2007. С. 42–60.

Буян Л.І. Тропічні орхідні (Orchidaceae Juss.) : репродуктивна біологія та структурно-функціональні адаптації за умов збереження *ex situ* : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : спец. 03.00.05 “Ботаніка” / Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України. Київ, 2011. 46 с.

Былов В.Н., Карпизонова Р.А. Принципы создания и изучения коллекции малораспространённых декоративных многолетников. *Бюллетень Главного ботанического сада*. 1978. Вып. 107. С. 77–82.

Былов В.Н. Основы сравнительной сортооценки декоративных растений. *Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений*. Москва : Наука, 1978. С. 7–32.

Бычкова Е.Ю. Рост, развитие и биосинтетические способности культур каллусных тканей серпухи венценосной, серпухи чертополоховой и родиолы розовой : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астана, 2004. 29 с.

Вайнагий И.В. Семенная продуктивность и всхожесть семян некоторых высокогорных растений Карпат. *Ботанический журнал*. 1974. Т. 59. № 10. С. 1439–1451.

Вайнер А.А., Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О., Обозный А.И. Экзогенный пролин угнетает повышение активности антиоксидантных ферментов проростков пшеницы, вызываемое закалывающим прогревом. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія*. 2014. Вип. 1. № 31. С. 66–71.

Генкель П.О. Адаптация растений к экстремальным условиям окружающей среды. *Физиология растений*. 1978. Т.25, № 5. С. 889–902

Гиренко О.Г., Ковальська Л.А., Ткаченко Г.М. Особливості будови елементарного пагона та пагонової системи чотирьох видів роду *Coelogyne* Lindl. (Orchidaceae Juss.). *Інтродукція рослин*. 2017. № 2. С. 42–48.

Глухова С.А., Шиндер О.І., Михайлик С.М. Інвазійні види рослин на території Сирецького дендрологічного парку загальнодержавного значення (м. Київ). *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища* : матеріали міжнар. наук. конф. присв. 85-річчю від дня заснування Національного бот. саду імені М.М. Гришка НАН України. Київ : Ліра-К, 2020а. С. 216–219.

Глухова С.А., Шиндер О.І., Михайлик С.М. Отруйні рослини в насадженнях Сирецького дендрологічного парку загальнодержавного значення. *Перспективні напрямки наукових досліджень лікарських та ефіроолійних культур* : матеріали IV Всеукр. науково-практ. конф. молодих вчених, м. Березоточа, 25 бер. 2020 р. 2020б. С. 33–36.

Гнатюк А.М., Гапоненко М.Б., Лоя В.В., Гапоненко А.М. Особливості дослідження популяцій *Trifolium rubens* L. в природних фітоценозах. *Проблеми уникнення втрат біорізноманіття Українських Карпат* : матеріали міжнар. наук. конф., присвяченої 100-річчю від дня народження проф. К. Малиновського, м. Львів, 14–15 травня 2020 р. м. Львів, 2020. С. 25–28.

Горобец В.Ф. Пионы (биология, селекция, сорта) : монография. Киев : Велес, 2015. 160 с.

Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. В 3-х т. Т.1.: Пер. с англ. / Под ред. Р. Сопера. Москва : Мир, 1990. 368 с.

Грицаенко З.М., Грицаенко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : НІЧЛАВА, 2003. 320 с.

Гродзинский А.М., Головка Э.А., Горобец С.А. и др. Экспериментальная аллелопатия. Киев : Наук. думка, 1987. 236 с.

Гродзинский А.М., Горобец С.А. Аллелопатически активные вещества плодов катрана татарского : Сборник науч. тр. АН УССР *Методологические проблемы аллелопатии*. Киев : Наук. думка, 1989. 148 с.

Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев : Наук. думка, 1973. 592 с.

Гродзинський А.М., Кузнецова Г.О., Мусатенко Л.І. Гальмувач проростання в плодів катрану татарського *Crambe tatarica* Sebeok. *Укр. ботан. журн.* 1960. Т. 17. № 1. С. 29–39.

Гродзинський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин. Київ : Наук. думка, 1973. 205 с.

Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. Москва–Ленинград : Изд-во АН СССР, 1958. Т. 4. 974 с.

Державний реєстр сортів, придатних для поширення в Україні в 2021 р. // Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>

Джан Т.В., Коновалова О.Ю., Клименко С.В. Біологічно активні речовини ліпофільних екстрактів плодів хеномелесу (*Chaenomeles* Lindl.). *Фармацевтичний часопис*. 2013. Вип. 1(25). С. 47–50.

Джан Т.В., Коновалова О.Ю., Клименко С.В. Изучение накопления биологически активных веществ в листьях хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) : Сб. науч. тр. “Разработка, исследование и маркетинговой фармацевтической продукции”. Пятигорск, 2011а. Вып. 66. С. 67–69.

Джан Т.В., Коновалова О.Ю., Клименко С.В. Изучение содержания полисахаридов в плодах хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.). *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования* : материалы IX междунар. симпозиума. Москва, 2011б. Т. 1. С. 56–58.

Діденко С.Я., Шиндер О.І. Особливості видового складу культурфітоценозів на ботаніко-географічній ділянці “Кавказ” Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ). *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 16, 2020. P. 45–57. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.16.2020.219814>

Дідух Я.П. “Червона книга України. Рослинний світ”. Післямова. *Укр. бот. журнал*. 2010. Т. 67. № 4. С. 481–503.

Дідух Я.П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник Національної академії наук України*. 2009. № 2. С. 34–44.

Дойко Н.М., Шиндер О.І., Драган Н.В. Регіональні особливості й багаторічна динаміка флори Державного дендрологічного парку “Олександрія” НАН України (м. Біла Церква). *Екологічні науки*. 2021. Вип. 7(34). С. 81–90. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.14>

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Изд. 5-е, перераб. и доп. Москва : Агропромиздат, 1986. 351 с.

Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Ленинград : Колос, 1972. 456 с.

Ефимов В.В., Иванов В.А., Анисимов А.Е. Численное моделирование изменения климата Украины в XXI веке. *Доп. НАН Украины*. 2011. № 3. С. 100–107.

Ефимов С.В. К вопросу изучения и оценки морфолого-биологических и декоративных признаков пиона при интродукции. *Вестник ИрГСХА*. 2011. Т. 44. № 4. С. 41–48.

Ефимов С.В., Дегтярова Г.В. Коллекция пионов в ботаническом саду МГУ: пример взаимодействия между фундаментальными и прикладными направлениями исследований. *Лесной вестник*. 2018. Т. 22. № 2. С. 47–54. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2018-2-47-54>.

Єфремова О.О., Павлюк Г.М., Чуйко Т.М., Демкович О.Й., Ган Т.В., Мелешко І.Г. Особливості онтогенезу анемони лісової та сну широколистої в умовах Львова. *Вивчення онтогенезу рослин природних і культурних флор у ботанічних закладах і дендропарках Європи: матеріали XII міжнар. конф.* Полтава, 2000. С. 119–123.

Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы) : монография в 2 т. Москва : РУДН, 2001. С. 124–135.

Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. Москва : Наука, 1991. 184 с.

Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Москва : Наука, 1978. 256 с.

Зайцев Г.Н. Оптимум и норма в интродукции растений. Москва : МГУ, 1983. 273 с.

Зайцев Г.Н. Фенология травянистых многолетников. Москва : Наука, 1978. 148 с.

Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их биологические функции. Москва : Наука, 1971. 185 с.

Збереження та збагачення рослинних ресурсів шляхом інтродукції, селекції та біотехнології : монографія / Черевченко Т.М., Рахметов Д.Б., Гапоненко М.Б. та ін. ; за ред. Т. М. Черевченко. Київ : Фітосоціоцентр, 2012. 431 с.

Зиман С.Н. Морфология и филогения семейства лютиковых. Киев : Наук. думка, 1985. 248 с.

Игнатьева В.П. О геофилии у стержнекорневых и кистекокорневых поликарпиков. *Бот. журн.* 1967. № 7. С. 944–952.

Игнатьева И.П. Онтогенетический морфогенез вегетативных органов травянистых растений. 2-е изд. Москва : ТСХА, 1989. 61 с.

Игнатьева И.П. Онтогенетический морфогенез вегетативных органов травянистых растений. Москва : ТСХА, 1983. 55 с.

Игнатьева И.П. Особенности исследования популяций травянистых растений в природных условиях и культуре. *Известия АН СССР. Сер. биология*. 1978. № 2. С. 203–218.

Изменение климата наносит ущерб деликатным взаимосвязям природы. 2018. URL : <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/story/izmenenie-klimata-nanosit-uscherb-delikatnym-vzaimosvyazam-prirody>

Іванніков Р.В. Репродукційна біологія орхідних in vitro : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : спец. 03.00.05 “Ботаніка” / Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України. Київ, 2012. 47 с.

Іванніков Р.В., Хейлик О.К. Вегетативне розмноження *Sansevieria cylindrica* Вој. (*Dracaenaceae* Salisb.) в умовах оранжерейної культури та культури *in vitro*. *Інтродукція рослин*. 2006. № 3. С. 60–65.

Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації : Аналіт. Доповідь / за ред. С.П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.

Івченко С.І., Клименко С.В., Петрова В.П. Перспективний плодовий і декоративний чагарник айва японська. *Інтродукція та акліматизація рослин на Україні*. 1968. Вип. 3. С. 268–270.

Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин : Навчально-методичний посібник / Зиман С.М. та ін. Вид. 2-е, випр. та доп. Київ : Фітосоціоцентр, 2012. 176 с.

Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин : Навчально-метод. посібник / С.М. Зиман та ін. Ужгород : Медіум, 2004. 156 с.

Інтродукція нових корисних рослин в Україні : монографія / Д.Б. Рахметов, О.М. Вергун, С.М. Ковтун-Водяницька та ін. Київ : Ліра-К, 2020. 338 с.

Каліста М.С. Раритетні ендемічні види судинних рослин Карадагу (популяційні та созологічні аспекти) : дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.05 “Ботаніка” / Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України. Київ, 2016. 248 с.

Каліста М.С., Щербакова О.Ф. Біоморфогенез *Crambe koktebelica* (Junge) N. Busch в умовах Карадазького природного заповідника. *Plant Introduction*. 2012. Т. 56, № 4. С. 16–24. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2540993>

Каліста М.С., Щербакова О.Ф., Попович А.В. Морфологічні особливості плодів *Crambe koktebelica* та *Crambe mitridatis* (Brassicaceae). *Ukrainian Botanical Journal*, 2014. Т. 71, № 2. С. 188–195.

Каляева М.А., Бурьянов Я.И. Особенности регенерации сансевьеры цилиндрической (*Sansevieria cylindrica* Вој.) *in vitro*. *Биотехнология*. 1999. № 5. С. 36–39.

Каляева М.А., Бурьянов Я.И. Регенерация однодольных растений рода *Sansevieria in vitro*. *Биотехнология*. 1997. № 2. С. 38–43.

Карпиsonoва Р.А. Оценка успешности интродукции многолетников по данным визуальных наблюдений. *VI Делегатский съезд ВВО*: тезисы докладов, г. Кишинёв, 12–17 сент., 1978 г. Ленинград : Наука, 1978. С. 175–176.

Карупу В.Я. Электронная микроскопия. Киев : Вища школа, 1984. 207 с.

Каталог декоративних трав'янистих рослин ботанічних садів і дендропарків України : Довідник посібник / за ред. С.П. Машковської. 2015. Київ. 282 с.

Каталог рослин відділу нових культур. Відп. ред. Д.Б. Рахметов. Київ : Фітосоціоцентр. 2015. 112 с.

Клименко С.В. Айва японська, або хеномелес. Високовітамінні плодови культури. Київ : Урожай, 1985. С. 20–29.

Клименко С.В. Вклад академіка М. Ф. Кащенко у розвиток теорії і практики інтродукції рослин в Україні. *Інтродукція рослин*. 2003. № 4. С. 3–16.

Клименко С.В. Хеномелес – плодова, декоративна, лікарська рослина. *Хімія, агрономія, сервіс*. 2009. С. 46–53.

Клименко С.В. Хеномелес : Справочник садовода. Киев : Наук. думка, 1990. С. 116–121.

Клименко С.В., Бриндза Я., Григорьева О.В. и др. Хеномелес: генофонд и новые сорта в НБС НАН Украины. *Интродукція рослин, збереження та збагачення біорізноманіття в ботанічних садах і дендропарках* : Матеріали міжнар. наук. конф., присв. 75-річчю заснування Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України, Київ, 15–17 вересня 2010 р. Київ : Фітосоціоцентр, 2010. С. 202–204.

Клименко С.В., Недвига О.Н., Климченко С.Б. Перспективные формы хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) на севере Украины. *Интродукция и акклиматизация растений*. 1989. Вып. 11. С. 84–87.

Клімат Києва / за ред. В.І. Осадчого, О.О. Косовця, В.М. Бабіченко. Київ : Ніка-Центр, 2010. 320 с.

Кліматичний саміт у Глазго COP26, 2021. URL : <https://www.bbc.com/ukrainian/features-59076302>

Кліматичні дані по місту Києву / Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського. URL: [http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=k\\_klimat&f=kyiv](http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php?fn=k_klimat&f=kyiv).

Колекційний фонд енергетичних, ароматичних та інших корисних рослин НБС імені М.М. Гришка НАН України : монографія / Д.Б. Рахметов, С.М. Ковтун-Водяницька, О.А. Корабльова та ін. Київ : ФОП Паливода В.Д., 2020. 208 с.

Колупаев Ю.Е., Вайнер А.А., Ястреб Т.О. Пролин: физиологические функции и регуляция содержания в растениях в стрессовых условиях. *Вісник Харківського Національного аграрного університету. Серія Біологія*. 2014. Вип. 2(32), С. 6–22.

Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В., Обозный А.И. Антиоксидантная система растений: участие в клеточной сигнализации и адаптации к действию стрессоров. *Вісник Харківського Національного Аграрного Університету Серія Біологія*. 2011. Вип. 1(22). С. 6–34.

Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О. Стресс-протекторные эффекты салициловой кислоты и ее структурных аналогов. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2013. Т. 45, № 2. С. 113–126.

Комарова М.Н., Николаева Л.А., Регир В.Г., Тесов Л.С., Харитоновна Н.П., Шатохина Р.К. Фитохимический анализ лекарственного растительного сырья. Методические указания к лабораторным занятиям. Санкт-петербург : СПХФА, 1998. С. 30–35.

Кораблева О.А., Рахметов Д.Б. Полезные растения в Украине: от интродукции до использования : монография. Киев : Фитосоциоцентр, 2012. 170 с.

Кордюм Е.Л., Сытник К.М., Бараненко В.В., Белявская Н.А., Климчук Д.П., Недуха Е.М. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. Киев : Наукова думка, 2003. 277 с.

Коршиков І.І. Стійкість і адаптація деревних рослин до дії політантів : Збірник Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. С.48–52.

Косулина Л.Г., Луценко Э.К., Аксенова В.А. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды : учебн. пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 2011. 235 с.

Котов М.И., Прокудин Ю.Н., Барбарич А.И. Определитель высших растений Украины : монография. Акад. наук Украинской ССР; Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного; Редкол. : Прокудин Ю.Н. и др. 2-е изд., стереот., с незначит. доп. и исправл. Киев : Фитосоциоцентр, 1999. 548 с.

Кривенцов В.И. Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта, 1982. 21 с.

Крищенко В.П. Методы оценки качества растительной продукции. Москва : Колос, 1983. 192 с.

Куликов Г.В., Гельберг М.Г. О динамике роста годичных побегов некоторых древесных растений в Крыму. *Биол. науки*. 1974. № 4. С. 74–79.

Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. Москва : Высшая школа, 1977. 288 с.

Левчик Н.Я., Гнатюк А.М., Любінська А.В., Горбенко Н.Є. Алелопатична активність *Trifolium repens* L. та *T. rubens* l. (*Fabaceae*) в умовах Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Науковий вісник НЛТУ України*, Т. 31, № 1. 2021. 20–25. <https://doi.org/10.36930/40310103>

Липа О.Л. Систематика вищих рослин. Київ : Радянська школа, 1963. С. 227–228

Ліпінський В.М., Дячук В.А., Бабіченко В. М. Клімат України. Київ. 2003. 343 с.

Лук'янов Д.П. Про нові або мало на Україні розповсюджені рослини акліматсаду. Київ : Вид. Київ. акліматсаду. 1928. № 2. 36 с.

Магомедалиева В.К. Особенности морфогенеза и регенерации Катрана бугорчатого *in vitro*. *Biological sciences, Fundamental Reserches*. 2013. № 10. С. 114–118.

Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). Москва : Наука, 1972. 284 с.

Маслов Ю.И. Установление степени достоверности (значимости) различий между сериями измерений. *Методы биохим. анализа растений*. Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. С. 415–424.

Медведев П.Ф. Новые культуры СССР (волокнистые). Москва : Сельхозгиз, 1940. 306 с.

Мельник В.І. Острівні ялинники Українського Полісся. (Еколого-ценотичні особливості та наукові основи охорони) : монографія. Київ : Наук. думка, 1993. 103 с.

Мерзляк М.Н. Активированный кислород и жизнедеятельность растений. *Соровский образовательный журнал*. 1999. № 9. С. 20–26.

Методика опытов с полевыми культурами. Москва : ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. 1970. 217 с.

Методика проведення дослідів по кормовиробництву. Вінниця : Інститут кормів УААН, 1994. 87 с.

Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. Москва : ГБС АН СССР, 1975. 27 с.

Методические указания по семеноведению интродуцентов. Москва : Наука, 1980. 64 с.

Мирославов Е.А. Структура и функция эпидермиса покрытосеменных растений. Ленинград : Наука, 1974. 120 с.

Михайлова О.А., Бирюлева Э.Г. Особенности анатомического строения вегетативных органов некоторых охраняемых видов рода *Scrambe* L. *Бюлетень ДНБС*. 2013. Вып. 108. С. 83–88.

Мицихина Ю.Д. Культивирование Ито-гибридов пионов в условиях Среднего Урала. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2017. № 63. С. 120–127.

Мусієнко М.М., Паршикова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. 200 с.

Недвиг О.М. Біоекологічні особливості хеномелеса японського (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach) і перспективи його культивування в Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.05 “Ботаніка” / Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України. Київ, 1994. 23 с.

Недвиг О.Н. Хеномелес: Витаминный, Караваевский, Помаранчевый, Цитриновый. *Атлас перспект. сортов плод. и ягод. культур укр. селекции* / Под ред. В. П. Копаня. Киев : Одекс, 1999. С. 182–184

Нестеренко О.Г., Рашидов Н.М. Визначення кореляції між вмістом проліну та води у коренях *Pisum sativum* L. під впливом абіотичних стресових факторів. *Біологічні системи*. 2017. Т. 9. Вип. 2. С. 192–196.

Нечитайло В.А., Кучерява Л.Ф. Ботаніка. Вищі рослини : підручник. Київ : Фітосоціоцентр, 2005. 432 с.

Николаева М.Г., Разумкова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Ленинград : Наука, 1985. 347 с.

Новітні технології біоенергоконверсії : монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін, А.І. Ємець, Г.М. Забарний, Г.М. Калетнік, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, Д.Б. Рахметов, С.П. Циганков. Київ : Аграр Медіа Груп, 2010. 324 с.

Новосад Е.В., Щербакова О.Ф. Особенности сезонного изменения морфопараметров и структуры годичных побегов некоторых видов рода *Pulsatilla* Mill. в урбанизированных ландшафтах г. Киева. *Промышленная ботаника*. 2013. Вып. 13. С. 53–63.

Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. Москва : Высш. шк., 2002. 334 с.

Паламарчук Л.В., Гнатюк Н.В., Краковська С.В., Шедеменко І.П., Дюкель Г.О. Сезонні зміни клімату в Україні в ХХІ. : збірник *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2010. Вип. 259. С. 104–120.

Паризька кліматична угода, 2015. URL : <https://greendeal.org.ua/paryzka-klimatychna-ugoda/>

Паутов А.А., Васильева В.А. Роль формы основных клеток эпидермы в морфогенезе листа представителей *Namatelidaceae*. *Бот. журн.* 2010. Т. 25. № 2. С. 338–344.

Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. Москва : Агропромиздат, 1988. 271 с.

Перебойчук О.П., Соколова О.А. Особливості інтродукції видів та культиварів роду *Pulsatilla* Mill. у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України. *Інтродукція рослин, збереження та*



збагачення біорізноманіття в ботанічних садах та дендропарках : матеріали міжнар. наук. конф. присвяченої 80-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка (15–17 вересня 2015 р., Київ). Київ : Фітосоціоцентр, 2015. С. 191–193.

Писарев Д.И., Новиков О.О., Сорокопудов В.Н., Халикова М.А., Жиликова Е.Т., Огнева О.В. Химическое изучение биологически активных полифенолов некоторых сортов рябины обыкновенной – *Sorbus aucuparia*. *Научные Ведомости. Серия Медицина. Фармация*. 2010. Выпуск 12/2. № 22(93). С. 123–128.

Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. Москва : Колос, 1985. 256 с.

Плотникова Л.С. Программа наблюдений за общим и сезонным развитием лиственных древесных растений при их интродукции. *Опыт интродукции древесных растений*. Москва, 1973. С. 80–86.

Поберезкина Н.Б., Осинская Л.Ф. Биологическая роль супероксиддисмутазы. *Укр. биохим. журн.* 1989. Т. 61, № 2. С. 14–27.

Погода в Киеве / Справочно-информационный портал “Погода и климат” 2004–2020. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=33345>

Подорожний Д.С. Півники сибірські (*Iris sibirica* L.) в Україні (хорологія, популяції, еколого-ценотичні особливості та охорона) : дис ... канд. біол. наук : спец. 03.00.05 “Ботаніка” / Національний ботанічний сад імені М.М.Гришка НАН України. Київ, 2013. 233 с.

Пономарев А.Н. Изучение цветения и опыления растений. Полевая геоботаника. Москва; Ленинград : Наука. 1960. Т. 2. С. 41–133.

Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. Киев : Наук. Думка, 1976. 336 с.

Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Мичуринск, 1980. 540 с.

Продромус рослинності України : колективна монографія / Д.В. Дубина та ін. Київ : Наук. думка, 2019. 784 с.

Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. Москва : Высшая школа, 1960. 207 с.

Промышленное масличное сырье. URL: <https://znaytovar.ru/s/Promyshlennoe-maslichnoe-syre.html/>

Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю : сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ. 2002. 32 с.

Протопопова В.В., Шевера М.В. Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів. *GEO&BIO*. 2019. Vol. 17. С. 116–135. <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.116>

Протопопова В.В., Шевера М.В., Федорончук М.М., Шевчик В.Л. Види-трансформери у флорі Середнього Придніпров'я. *Український ботанічний журнал*. 2014. Т. 71, № 5. С. 563–572.

Пушкарьова Н.О., Каліста М.С., Булокурова В.Б., Кучук М.В. Отримання культури рослин *in vitro* зникаючого виду *Crambe steveniana* та вивчення впливу асептичних умов культивування на їх біохімічний склад. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, сер. Біологія*. 2016. Вип. 27. С. 155–162.

Радюкина Н.Л., Шашукова А.В., Макарова С.С., Кузнецов В.В. Экзогенный пролин модифицирует дифференциальную экспрессию генов супероксиддисмутазы в растениях шалфея при UV-B облучении. *Физиология растений*. 2011. Т. 58, № 1. С. 49–57.

Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні: монографія. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.

Рахметов Д.Б., Ревунова Л.Г., Шиманська О.В., Бондарчук О.П. Збереження рідкісних видів рослин *ex situ* в колекційному фонді відділу нових культур Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень*. Чернівці, 2015. С. 93–95.

Рахметов Д.Б., Рахметова С.О. Глобальні наслідки інтродукції рослин та збереження фіторізноманіття. “Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін” : Матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 30-річчю Незалежності України : Київ, Ліра-К, 2021. С. 49–52

Реут А.А. Результаты сортоизучения межсекционных гибридов рода *Paeonia* L. и их характеристика при интродукции в Республике Башкортостан. *Садоводство и виноградарство*. 2018. № 3. С. 28–34. <https://doi.org/10.255556/VSTISP.2018.3.14171>

Родионенко Г.И. Ирисы. Санкт-Петербург : Диамант, Агропроиздат, 2002. 192 с.

Росіцька Н.В., Лю Д. Фізіолого-біохімічні методи оцінювання життєвого стану рослин. Методичний посібник : Сучасні методи в алопатичних дослідженнях / За ред. Заіменко Н. В. 2021. Київ : Ліра-К, С. 90–106.

Сааков С.Г. Оранжерейные и комнатные растения. Ленинград : Наука. 1983. 621 с.

Серегина И.И. Цинк, селен и регуляторы роста в агроценозе : монография. 2018. Москва : ООО “Прспект”, 208 с.

Смирнов А.А., Прахова Т.Я., Плужникова И.И. Интродукция крамбе абиссинской (*Crambe abyssinica* Hochst.) в Среднем Поволжье : монография. Пенза : РИО ПГСХА, 2013. 107 с.

Смирнов А.А., Прахова Т.Я., Смирнов А.Д. Агробиологические особенности крамбе абиссинской. *Достижения науки и техники АПК*. 2014. Т. 28. № 12. С. 43–45.

Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Ермакова И.М. и др. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). Москва : Наука, 1976. 217 с.

Смолинская М.А. Оценка успешности интродукции травянистых растений. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія*. Чернівці : ЧНУ, 2002. Вип. 145. С. 164–168.

Собко В.Г., Гапоненко М.Б. Интродукція рідкісних і зникаючих рослин флори України. Київ : Наук. думка, 1996. 283 с.

Соколов Л.В. Климат в жизни растений и животных. Санкт-Петербург, “Тесса”, 2010. 344 с.

Сорта плодовых и ягодных растений селекции Национального ботанического сада им. Н.Н. Гришко / Под ред. С.В. Клименко. Киев : Фитосоциоцентр, 2013. С. 88–89.

Тахтаджян А.Л. Основы эволюционной морфологии растений. Москва-Ленинград : Наука, 1964. 205 с.

Тахтаджян А.Л. Система Магнолиофитов : монографія. 1987. Ленинград : Наука, 439 с.

Трофимова І.В. Адаптація до змін клімату: наслідки, вразливість, ризики. Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. пр. Київ, 2011. Вип. 7. С. 128–135. URI: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/58179>

Український ірис. Щорічний бюлетень Української Спілки Ірису : ПП “Дивосвіт”, 2019. 82 с.

Успенская М.С., Мурашев В.В. Генофонд дикорастущих видов *Raeonia* L. – основа создания сортов нового поколения. *Новости науки в АПК*. 2019. № 1–2(12). С. 101–107. <https://doi.org/10.25930/a958-y261>

Успенская М.С., Мурашев В.В. Гибридизационные процессы видов рода *Raeonia* L. в природе и их эволюционное значение. *Бюллетень Ботанического сада ДВО РАН*. 2016. Вып. 15. С. 78–79.

Учеты, наблюдения, анализы, обработка данных в опытах с плодовыми и ягодными растениями : Методические рекомендации / под ред. Г.К. Карпенчука и А.В. Мельника. Умань: Уман. с.-х. ин-т. 1987. 115 с.

Федяева В.В., Шилова Ж.Н., Шмараева А.Н. Мониторинг популяций Катрана татарского (*Crambe tatarica* Sebeok.) в Ростовской области. *Роль ботанических садов в изучении и сохранении генетических ресурсов природной и культурной флоры* : материалы Всерос. научн. конф. Махачкала, 1–5 октября 2013. Махачкала : “Наука – Дагестан”. 2013. С. 113–116.

Флора СССР. Москва-Ленинград : Изд-во АН СССР, 1953. Т. 19. 752 с.

Цвелев Н. Н. Род прострел – *Pulsatilla* Mill. *Флора Восточной Европы*. Санкт-Петербург : Мир и семья, 2001. Т. 10. С. 85–94.

Червона книга України. Інтернет ресурс. <http://redbook-ua.org>

Червона книга України. Рослинний світ /За ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 911с.

Черевченко Т.М., Лаврентьева А.М., Иванников Р.В. Биотехнология тропических и субтропических растений *in vitro*. Київ : Наукова думка, 2008. 560 с.

Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург : Мир и семья, 1995. 992 с.

Швец Т.А. Біологічні особливості видів роду *Iris* L. у зв'язку з інтродукцією в умови Правобережного Ліссостепу України : дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.05 “Ботаніка” / Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України. Київ, 2006. 202 с.

Шевкун А.Г. Изучение интродуцированных сортов межсекционных гибридов пионов в ФГБНУ ВСТИСП. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2016. Т. XXXXVII. С. 367–370.

Шевкун А.Г. Сравнительная сортооценка межсекционных гибридов пионов из генетической коллекции ФГБНУ ВСТИСП. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017. Т. 50. С. 308–311.

Шиндер О.І. Ергазіофіти в рослинному покриві Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин у реаліях євроінтеграції* : матеріали конф., присвяченої 100-річчю НАН України (9–11 жовт. 2018 р.). Київ : Ліра-К, 2018. С. 154–155.

Шиндер О.І. Натуралізація інтродукованих деревних рослин у Кіровоградській області (на прикладі дендропарку у с. Новоселиця). *Охорона*

біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках : матеріали міжнар. наук. конф., присвяченої 225-річчю заснування Національного дендрологічного парку “Софіївка” НАН України. Умань, 2021. С. 313–318.

Шиндер О.І. Нові відомості про флору Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін* : матеріали міжнар. наук. конф. присвяченої 30-річчю Незалежності України. Київ : Ліра-К, 2021. С. 62–65.

Шиндер О.І. Спонтанна флора Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ). Повідомлення 4. Адвентивні види: ксенофіти. *Інтродукція рослин*. 2019. № 4. С. 18–33. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3566608>

Шиндер О.І., Глухова С.А., Михайлик С.М. Інвазійні і шкодочинні рослини у ботанічних садах і дендропарках: моніторинг, негативний вплив, способи оцінювання. *Збереження рослин у зв'язку зі змінами клімату та біологічними інвазіями* : матеріали міжнар. наук. конф. (31 бер. 2021 р.). Біла Церква : Білоцерківдрук, 2021. С. 305–312.

Шиндер О.І., Глухова С.А., Михайлик С.М. Спонтанна флора Сирецького дендрологічного парку загальнодержавного значення (м. Київ). *Інтродукція рослин*. 2018а. № 2. С. 54–63.

Шиндер О.І., Дойко Н.М. Спонтанна флора Державного дендрологічного парку “Олександрія” НАН України (м. Біла Церква, Київська область). *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions* [Ed. by Z. Litwińczuk]. Riga : “Baltija Publishing”. 2020. P. 420–460. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-025-4-20>

Шиндер О.І., Неграш Ю.М., Глухова С.А., Дойко Н.М., Рак О.О. Адвентивні види роду *Lonicera* (Caprifoliaceae) у флорі Правобережної України. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2020. Т. 3. С. 58–65.

Шиндер О.І., Рак О.О., Глухова С.А. Спонтанні популяції видів роду *Taxus* (Taxaceae) у Сирецькому дендрологічному парку. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*. 2018б. Т. 1. С. 52–58.

Широков А.И., Сырова В.В., Крюков Л.А. Опыт семенного размножения и особенности развития некоторых представителей *Phragmitipedium* Rolfe. : збірник *Фундаментальні та прикладні аспекти сучасної орхідології*. Київ. 2014. С. 149–153.

Юдин С.И. Особенности прорастания семян алтайских представителей сем. Ranunculaceae и Racomniaceae. *Бюллетень лавного ботанического сада*. 2004. Вып. 188, С.174–179.

Якубенко Б.С., Попович С.Ю., Устименко П.М. Геоботаника : Підручник. 2-ге вид. Київ : Ліра-К, 2019. 348 с.

Acharya K., Yan G., Berti M. Can winter camelina, crambe, and brown mustard reduce soybean cyst nematode populations? *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 140. 111637. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111637>

Achi N.K., Ohaeri O.C. Acute and subacute toxicity studies of *Sansevieria liberica* aqueous leaf extracts. *Pharma Sc. Monitor*. 2012. Vol. 3. № 1. P. 1938–1951.

Ackerly D., Knight C., Weiss S. et al. Leaf size, specific leaf area and microhabitat distribution of chaparral woody plants: contrasting patterns in species level and

community level analyses. *Oecologia*. 2002. Vol. 130. P. 449–457.  
<https://doi.org/10.1007/s004420100805>

Aguinalgalde I., Gomez-Campo C. The phylogenetic significance of flavonoids in *Crambe* L. (Cruciferae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1984. Vol. 89. P. 277–288.

Ahad B., Reshi Z. Crop production and global environmental issues. Chapter: Climate change and plants. Springer international publishing. 2015. P. 553–574  
DOI: 10.1007/978-3-319-23162-4\_20).

Alali F.Q., Liu X.X., McLaughlin J.L. Annonaceous acetogenins: recent progress. *J Nat Prod*. 1999. Vol. 62, № 3, P. 504–540.

Altizer S., Richard S Ostfeld, Pieter T J Johnson, Susan Kutz, C Drew Harvell. Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework. *Science* 341(6145)/ 2013/ P.514-9 DOI: 10.1126/science.1239401.

An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2003. P. 399–436.

Anderson J.M. 1986. Photoregulation of the composition function and structure of thylakoid membranes. *Annual Review of Plant Physiology*, vol. 37, p. 93–136.

Antunes A.S., Silva B.P., Parente J.P., Valente A.P. A New Bioactive Steroidal Saponin from *Sansevieria cylindrica*. *Phytother. Res*. 2003. Vol. 17. P. 179–182.

Arditti J. Clonal propagation of orchids by means of tissue culture. *Orchid biology: Reviews and perspectives*. Ithaca, London : Cornell Univ Press, 1977. Vol. 1. 310 p.

Arvin M.J., Moslemi K.H., Sarchashmepur M., et al. Interactive Effects of Salicylic Acid and Silicon on Growth, Development and Cadmium Accumulation in Tuber of Potato Plants under Cadmium Stress. *Journal of Crop Production and Processing*. 2014. Vol. 4(11). P. 185–196. URL: <http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-2058-en.html>

Assmann S.M., Zeiger E. Stomatal Responses to CO<sub>2</sub> in *Paphiopedilum* and *Phragmipedium*: Role of the Guard Cell Chloroplast. *Plant Physiol*. 1985. Vol. 77, № 2. P. 461–464.

Athar H.R., Ashraf M. Strategies for Crop Improvement Against Salinity and Drought Stress: An Overview. In: *Salinity and Water Stress. Tasks for Vegetation Sciences* / Eds. Ashraf M., Ozturk M., Athar H. Springer : Dordrecht. 2009. P.1–16.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9065-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9065-3_1).

Averyanov L.V., Averyanova A.L. Update checklist of the orchids of Vietnam. Hanoi : Vietnam National University Publishing House, 2003. 102 p.

Averyanov L.V., Cribb Ph., Phan K.L., Hiep N.T. Slipper orchids of Vietnam. Hanoi: Vietnam National University Publishing House, 2003. 308 p.

Ayshwarya M., Sudha Ramashwari K. Antimicrobial activity of the plant extracts of *Brassica oleracea* var. *capitata rubra*. *J IARM*. 2015. Vol. 3(10). P. 149–156.

A–Z Encyclopedia of Garden Plants / Editor-in-chief Christopher Brickell. London, New York, Stuttgart, Moskow : Dorling Kindersley, 1996. Vol. 2 : K–Z. P. 577–1080.

Baena S., Moat J., Whaley O., Boyd D. S. Identifying species from the air: UAVs and the very high resolution challenge for plant conservation. *PloS one*. 2017. Vol. 12(11). e0188714.

Balding M., Williams K. J. Plant blindness and the implications for plant conservation. *Conservation Biology*. 2016. Vol. 30(6) P. 1192–1199.  
<https://doi.org/10.1111/cobi.12738>

Balouri M., Sadiki M., Ibsouda S.K. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: a review. *J Pharm Anal.* 2016. Vol. 6. P. 71–79. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>

Barthlott W. Epidermal and seed surface characters of plant: systematic applicability and some evolutionary aspects. *Nordic J. Bot.* 1981. Vol. 1. № 3. P. 345–355.

Bartish I.V., Garkava L.P., Rumpunen K., Nybom H. Phylogenetic relationships and differentiation among and within populations of *Chaenomeles* Lindl. (Rosaceae) estimated with RAPDs and isozymes. *Theor. Appl. Genet.* 2000. Vol. 101(4). P. 554–563.

Bayar Y., Yilar M., Akan K., Genc N. Comparative effects of some extraction solvents on the antioxidant, antifungal and bioherbicides activity of *in vitro* conditions of *Crambe orientalis* crude extracts. *Fresenius Environmental Bulletin.* 2020. Vol. 29(07A). P. 6181–6190.

Beevi S.S., Narasu M.L., Gowda B.B. Polyphenolics profile, antioxidant and radical scavenging activity of leaves and stem of *Raphanus sativus* L. *Plant Foods Hum Nutr.* 2010. Vol. 65. P. 8–17. <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0148-6>

Berry E.W. The lower Eocene floras of southeastern North America. *United States Geological Survey, Professional Paper.* 1916. Vol. 91. P. 90.

Bhattacharjee N., Khanra R, Dua T. K, Das S, De B, et al. *Sansevieria roxburghiana* Schult. & Schult. f. (Family: Asparagaceae) Attenuates Type 2 Diabetes and its Associated Cardiomyopathy. *PLoS One.* 2016. Vol. 11, № 11. P. 1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167131>

Blazich F.A., Novitzky F.A. *In vitro* propagation of *Sansevieria trifasciata*. *HortScience.* 1984. Vol. 19. P. 122–23.

Bo Long A., Niemiera Z. C. *In vitro* propagation of four threatened *Paphiopedilum* species (Orchidaceae). *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 2010. Vol. 101. P. 151–162.

Bogasz-Radomska L., Harasym J.  $\beta$ -carotene properties and production method. *Food Quality and Safety.* 2018. Vol. 2. P. 69–74. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy004>

Bond J.M., Daniels R., Bioret F. Genetic diversity in *Crambe maritima* along the English Channel: the role of ocean current in determining population structure. *Ecography.* 2005. Vol. 28. P. 374–384.

Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaften und Technologie.* 1995. Vol. 28. P. 25–30.

Brannan R.G., Peters T., Talcott S. T. Phytochemical Analysis of ten varieties of pawpaw (*Asimina triloba*(L.) Dunal) fruit pulp. *Food Chemistry.* 2014. Vol. 168. P. 656–661.

Braun-Blaquet J. Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3<sup>rd</sup> Edition, Berlin : Springer-Verlag, 1964. 631 p.

Bremer B., Bremer K., Chase M.W., Fay M.F., Reveal J.L., Soltis D.E., Soltis P.S., Stevens P.F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnaean Society.* 2009. Vol. 161. P. 105–121.

Brown N.E. *Sansevieria*. A monograph of all known species. *Bulletin of Miscellaneous Information (Royal Botanic Garden, Kew).* 1915. Vol. 5. P. 185–261.

Bukhari S.M., Simic N., Siddiqui H.L., Ahmad V.U. Determination of antioxidant activity of *Crambe cordifolia*. *World Appl. Sci. J.* 2013. Vol. 22(11). P. 1561–1565. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.22.11.184>

22.11.184

Bülbül A.S., Tarikahya-Hacıoğlu B., Arslan Y., Subaşı I. Pollen and seed morphology of *Crambe species* of Turkey. *The Journal of Animal and Plant Sciences.* 2017. Vol. 27(4). P. 1331–1339.

Carmona F., Rivas R., Fonnegra D.C. Vegetation index to estimate chlorophyll content from multispectral remote sensing data. In *European Journal of Remote Sensing.* 2015. Vol. 48. P. 319–326. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20154818>

Chai L., Li H., Zhang J., Wu L., Zheng B., Cui C., Ziang J., Zuo S., Ziang L. Rapid identification of a genomic region conferring dwarfism in rapeseed (*Brassica napus* L.) YA2016-12. *Agronomy.* 2019. Vol. 9. P. 1–14. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030129>

Chen J.-C., Chang Y.-S., Wu S.-L., Chao D.-C., Chang C.-S., Liet C.-C. et al. Inhibition of *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin-induced diarrhea by *Chaenomeles speciosa* / *Journal of Ethnopharmacology.* 2007. Vol. 113. Issue 2. P. 233–239.

Chen O., Wei W. Effects and mechanisms of glucosides of *Chaenomeles spesiosa* on collagen-induced arthritis in rats. *International Immunopharmacology.* 2003. Vol. 3. Issue 4. P. 593–608.

Chena Y., Goodalea U., Fana X., Ga J.-Y. Asymbiotic seed germination and *in vitro* seedling development of *Paphiopedilum spicerianum*: An orchid with an extremely small population in China. *Global Ecology and Conservation.* 2015. Vol. 2. P. 367–378.

Chung K.T., Wong T.Y., Wei C.I., Huang Y.W., Lin Y. Tannins in human health: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 1998. Vol. 38(6). P. 421–464.

Comlekcioglu N. Bioactive compounds and antioxidant activity in leaves of endemic and native *Isatis* spp. in Turkey. *Braz Arch Biol Technol.* 2019. Vol. 62. e19180330. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2019180330>

Comlekcioglu N., Karaman S., Ilcim A. Oil composition and some morphological characters of *Crambe orientalis* var. *orientalis* of *Crambe tataria* var. *tataria* from Turkey. *Natural Product Research.* 2008. Vol. 22(6), P. 525–532. <https://doi.org/10.1080/14786410701592349>

Couvreur T.L.P., Pirie M.D., Chatrou L.W., Saunders R.M.K., Su Y.C.F., Richardson J.E., Erkens R.H.J. Early evolutionary history of the flowering plant family Annonaceae: steady diversification and boreotropical geodispersal. *Journal of Biogeography.* 2011. Vol. 38. P. 664–680.

Crambe. 2021. URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/-browse/A/Brassicaceae/-Crambe/>

Cribb Ph. The Genus *Cypripedium*. Portland, Oregon: Timber Press/Royal Botanic Gardens Kew, 1997. 301p.

Cribb Ph. The genus *Paphiopedilum*. Borneo, Kota Kinabalu : R.B.G. Kew & Natural History. Publ., 1998. 427 p.

Cuendet M., Oteham C.P., Moon R.C., Keller W.J., Peaden P.A., Pezzuto J.M. Dietary Administration of *Asimina triloba*. (Paw Paw) extract increases tumor latency

in n.-methyl-n.-nitrosourea-treated rats. *Pharmaceutical Biology*. 2008. Vol. 46. № 1–2, P. 3–7.

David O.M., Afolayan A.J. Activity of *Sansevieria aethiopica* (Thunberg) leaf extracts on the planktonic and the biofilm of *Candida albicans* ATCC 10231. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2013a. Vol. 7. № 36. P. 2662–2668.

David O.M., Afolayan A.J. Effects of pH on *in vitro* activity of *Sansevieria aethiopica* (Thunb) extracts against planktonic and sessile *Enterococcus faecalis* strains. *J. Biosci. Tech*. 2015. Vol. 6. № 4. P. 713–720.

David O.M., Afolayan A.J. The possibility of using *Sansevieria aethiopica* (Thunb) leaf extracts in combinations with gentamicin for the treatment of oral enterococcal infections. *African Journal of Microbiology Research*. 2013b. Vol. 7. № 42. P. 4955–4960.

De Aquino G.S., Ventura M.U., Alexandrino R.P., Michelon T.A., de Araujo Pescador P.G., Nicio T.T., ... Hata F.T. Plant-promoting rhizobacteria *Methylobacterium komagatae* increases crambe yields, root system and plant height. *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 121. 277–281. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.020>

De Vasconcelos A.C.F., Chaves L.H.G., Fernandes J.D., Tito G.A. Crambe (*Crambe abyssinica*) Cultivation under Different Levels of Fertilization with Nitrogen, Phosphorus and Potassium. *American Journal of Plant Sciences*. 2017. Vol. 8. № 9. 2031. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.89136>

De'ath G., Fabricius K.E., Sweatman H., Puotinen M. The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*. 2012. Vol. 109. № 44. P. 17995–17999.

Deveci M., Uzun E. Determination of phenolic compounds and chlorophyll content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) at different growth stages. *Asian J. Chem*. 2011. Vol. 23(8). P. 3739–3743.

Dey B., Bhattacharjee R., Mitra A., Singla R.K., Pal A. Mechanistic Explorations of Antidiabetic Potentials of *Sansevieria trifasciata*. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2014. Vol. 4. № 2. P. 113–122.

Dey K.A., Sharma M., Meshram M.R. An analyses of leaf chlorophyll measurement method using chlorophyll meter and image processing technique. *Procedia Computer Science*. 2016. Vol. 85. P. 286–292. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.235>

Ding Y., Shi Y., Yang S. Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants. *New Phytologist*. 2019. Vol. 222. P. 1690–1704. <https://doi.org/10.1111/nph.1569>

Drew R.L.K., Fellows J. R. Generation of seakale (*Crambe maritima* L.) plantlets by tissue culture. *Annals of Botany*. 1986. Vol. 58. P. 179–181.

Dubie J., Stancik A., Morra M., Nindo C. Antioxidant extraction from mustard (*Brassica juncea*) seed meal using high-intensity ultrasound. *J. Food Sci*. 2013. Vol. 78(4). P. 542–548. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12085>

Dudgeon N.D. Study reveals 82 percent of the core ecological processes are now affected by climate change. 2021. URL : <https://www.eurekalert.org/news-releases/574954>

Effects of climate change on agriculture, forestry and ecosystems. 2020. URL : <https://www.fao.org/3/cb4769en/online/src/html/effects-climate>



Ellenberg H., Leuschner C. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht 6 Auflage. Stuttgart: Ulmer. 2010. 1172 p.

Elrys A.S., Merwad Abdel-Rahman M.A. Effect of Alternative Spraying with Silicate and Licorice Root Extract on Yield and Nutrients Uptake by Pea Plants. *Egyptian Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 39(3). P. 279–292. <https://doi.org/10.21608/agro.2017.1429.1071>

Faegri K., Van der Pijl L. The Principles of Pollination Ecology. 1971. New York : Pergamon Press.

Fahad S., Bajwa A., Nazir U., Anjum S., Farooq A., Zohaib A. et al. Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science*. 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>

Farag M.A. Chemical composition and biological activities of *Asimina triloba* leaf essential oil. *Pharmaceutical Biology*. 2009. Vol. 47. № 10. P. 982–986.

Farmakopea Polska. The Polish Pharmaceutical Society. 1999. URL: <http://www.ptfarm.pl/?pid=1&language=en>

Filardi F.L.R., Barros F.D., Baumgratz J.F.A., Bicudo C.E., Cavalcanti T.B., Coelho M.A.N., ... Lanna J.M. Brazilian Flora 2020: innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Rodriguésia*. 2018. Vol. 69(4). 1513–1527. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869402>

Filella I., Porcar-Castell A., Munne-Bosch S., Back J., Garbulsky M.F., Peñualas J. 2009. PRI assessment of long-term changes in carotenoids/chlorophyll ratio and short-term changed in de-epoxidation state of the xanthophyll cycle. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 30(17), p. 4443–4455. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160802575661>

Firmansyan S.F., Kamsinan R. Pengaruh pemberian iba dan komposisi media terhadap pertumbuhan stek *Sansevieria cylindrica* var. *Patula*. *Scripta Biologica*. 2014. Vol. 1. № 2. P. 161–165.

Francisco-Ortega J., Fuertes-Aguilar J., Kim S.-Ch., Santos-Guerra A., Crawford D. J., Jansen R. K. Phylogeny of the Macaronesian endemic *Crambe* section *Dendrocrambe* (Brassicaceae) based on internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal RNA. *American Journal of Botany*. 2002. Vol. 89(12). P. 1984–1990. <https://doi.org/10.3732/ajb.89.12.1984>

Galli F., Archbold D. D., Pomper K. W. Pawpaw: An old fruit for new needs. *Acta Horticulturae*. 2007. Vol. 744. P. 461–466.

Giannopolitis C.N., Ries S.K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiol*. 1977. Vol. 59. № 2. P. 309–314. <https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309.32>

Gimenez E., Salinas M., Manzano-Agugliaro F. Worldwide research on plant defense against biotic stresses as improvement for sustainable agriculture. *Sustainability*. 2018. <https://doi.org/10.3390/su10020391>

GISS Surface Temperature Analysis(GISTEMPv4). Institute for Space Studies.2020. URL : <https://data.giss.nasa.gov/gistemp>

Gitelson A.A., Merzlyak M.N. 1994. Spectral reflectance changes associate with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L. and *Acer platanoides* L. leaves. Spectral features and relation to chlorophyll estimation. *Journal of Plant Physiology*, vol. 143, p. 286–292.

Gnatiuk A.M., Gaponenko M.B., Gaponenko A.M. Features of *Trifolium rubens* (Leguminosae) ontomorphogenesis in conditions of Ukraine. *Biosystems diversity*. Vol. 29. №3. 2021b. P. 244–250. <https://doi.org/10.15421/012130>

Gnatiuk A., Gaponenko M., Loya V., Gaponenko A. Distribution of *Trifolium rubens* in Ukraine and the current state of its populations in Zakarpattia. *Plant Introduction*. 2021a. № 89/90. P. 72–82. <https://doi.org/10.46341/PI2020042>

Godočiková L., Ivanišová E., Noguera-Artiaga L., Carbonell-Barrachina A.A., Kačaniová M. Biological activity, antioxidant capacity and volatile profile of enriched Slovak chocolates. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2019. Vol. 58(3). P. 283–293.

Gogoi M., Basumatary M. 2018. Estimation of the chlorophyll concentration in seven *Citrus* species of Kokrajhar district, BTAD, Assam, India. *Tropical Plant Research*, vol. 5(1), p. 83–87. <http://doi.org/10.22271/tpr.2018.v5.il.012>

Golonka I., Oleksy M., Junka M., Matera-Witkiewicz A., Bartoszewicz M., Musial W. Selected physicochemical and biological properties of ethyl ascorbic acid. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 2017. Vol. 40(8). P. 1199–1206. <https://doi.org/10.1248/bpb.b16-00967>

Golubev V.N., Kolechik A.A., Rigavs U.A. Carbohydrate complex of the fruits of *Chaenomeles maulei*. *Chemistry of Natural Compounds*. 1990. Vol. 26. Issue 4. P. 387–390.

Gonçalves Jr A.C., Schwantes D., de Sousa R.F.B., da Silva T.R.B., Guimarães V.F., Campagnolo M.A., ... Zimmermann J. Phytoremediation capacity, growth and physiological responses of *Crambe abyssinica* Hochst on soil contaminated with Cd and Pb. *Journal of Environmental Management*, 2020. Vol. 262. 110342. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110342>

Goodrich K.R., Zjhra M.L., Ley C.A., Raguso R.A. When flowers smell fermented: the chemistry and ontogeny of yeasty floral scent in pawpaw (*Asimina triloba*: Annonaceae). *Int J Plant Sci*. 2006. Vol. 167. № 1. P. 33–46.

Goyeneche R., Roura S., Ponce A., Vega-Galvez A., Quispe-Fuentes I., Uribe E., Di Scala K. Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and roots. *Journal of Functional Foods*. 2015. Vol. 16. P. 256–264. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.049>

Gray B.S., Brady S.M. Plant developmental responses to climate changes. *Developmental Biology*. 2016. Vol. 419. P. 64–77.

Gregory R., Willis S., Jiguet F., Voříšek P. An Indicator of the Impact of Climatic Change on European Bird Populations PLoS ONE, 2009. 4(3):e4678. DOI:10.1371/journal.pone.0004678

GRIN. URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?12013>

Grzyl A., Kiedrzyński M., Zielinska K.M., Rewicz A. The relationship between climatic conditions and generative reproduction of a lowland population of *Pulsatilla vernalis*: the last breath of a relict plant or a fluctuating cycle of regeneration. *Plant Ecology*. 2014. Vol. 215. P. 457–466.

Guan Z.J., Zhang S.B., Guan K.Y., Li S.Y., Hu H. Leaf anatomical structures of *Paphiopedilum* and *Cypripedium* and their adaptive significance. *J. Plant Res*. 2011. Vol. 124. № 2. P. 289–298.

Gulcin I. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*. 2020. Vol. 94. P. 651–715. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>

Gull A., Lone A. Wani N. Biotic and Abiotic Stresses in Plants, 2019 <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.85832>

Hallik L., Kazantsev T., Kuusk A., Galmé J., Tomas M., Niinemets Ü. 2017. Generality of relationships between leaf pigment contents and spectral vegetation indices in Mallorca (Spain). *Regional Environmental Change*, vol. 17, p. 2097–2109. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1202-9>

Hamed K.B., Chibani F., Abdelly Ch., Magne K. Growth, sodium uptake and antioxidant responses of coastal plants differing in their ecological status under increasing salinity. *Biologia*. 2014. Vol. 69(2). P. 193–201. <https://doi.org/10.2478/s11756-013-0304-1>

Hao Q., Liu Zh., Shu Q., Zhang R., Rick J.D., Wang L. Studies on *Paeonia* cultivars and hybrids identification based on SRAP analysis. *Hereditas*. 2008. Vol. 45. Issue 1. P. 38–47.

Hao Q., Liu Zh., Shu Q., Wang L., Chen F. Identification of Intersectional Hybrid Between Section *Moutan* and Section *Paeonia* Found in China for the First Time. *Acta Horticulturae Sinica*. 2008. № 6. P. 853–858.

Harris G.G., Brannan R.G. A preliminary evaluation of antioxidant compounds, reducing potential and radical scavenging of pawpaw (*Asimina tribloba*) fruit pulp from different stages of ripeness. *Lwt-Food Science and Technology*. 2009. Vol. 42. Issue 1. P. 275–279.

Hegi G. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. 1975. Berlin; Hamburg : Verlag Paul Parey, Bd. 5. Teil 2. 1584 s.

Hetherington A.M., Woodward F.I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*. 2003. Vol. 424. № 6951. P. 901–908.

Hiscox J.D., Israelstam C.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*. 1979. Vol. 57. P. 1332–1334. <https://doi.org/10.1139/b79-163>

Horčinová Sedláčková V., Mňahončáková E., Grygorieva O. Comparative analysis of fatty acids content in fruits and leaves of *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach. *Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій* : матеріали дев'ятої Міжнар. наук.-практ. конф. 29–30 чер. 2021 р., м. Полтава. ПБВ ПДАА. 2021. С. 193–195.

Huang L.C. A procedure for asexual multiplication of *Paphiopedilum in vitro*. *Am. Orchid Soc. Bull.* 1988. Vol. 57. P. 274–278.

Hui Y.H., Rupprecht J.K., Liu Y.M., Anderson J.E., Smith D.L., Chang C.J., McLaughlin J.L. Bullatacin and bullatacinone: two highly potent bioactive acetogenins from *Annona bullata*. *J Nat Prod*. 1989. Vol. 52. № 3. P. 463–477.

Hussein M.M., Abou-Baker N.H. Growth and Mineral Status of *Moringa* Plants as Affected by Silicate and Salicylic Acid under Salt Stress. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2014. Vol. 3(2). P. 163–177.

Hynson N.A., Bidartondo M.I., Read D.J. Are there geographic mosaics of mycorrhizal specificity and partial mycoheterotrophy? A case study in *Moneses uniflora* (Ericaceae). *The New Phytologist*. 2015. Vol. 208(4). P. 1003–1007.

Imsomboon T., Thammasiri K., Kosiyachinda P. Effects of pH and sucrose on seed germination of *Paphiopedilum exul* (Ridl.) Rolfe. *Acta Horticulturae*. 2017. Vol. 1167. P. 95–100.

Index of garden plants / Ed. Mark Griffiths. Portland : Timber Press, 1994. 1234 p.

IPCC. 2018. Historical Overview of Climate Change Science URL : <https://www.ipcc.ch › 2018/03 › ar4-wg1-chapter1>

Iturbide M., Gutiérrez J., Alves L. et al. An update of IPCC climate reference regions for subcontinental analysis of climate model data: definition and aggregated datasets. *Earth System Science Data*, 2020, 12, 2959–2970, 2020 <https://doi.org/10.5194/essd-12-2959-2020>

Ivanišová E., Mittuchová K., Mareček J., Frančáková H. Small berries – attractive source of bioactive compounds for consumers. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*. 2017. 2017. Vol. 1. P. 188–194. <http://dx.doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246.188-194>

Jeong Su-Jong, Ho Chang-Hoi, Gim Hyeon-Ju, Brown Molly E. Phenology shifts at start vs. end of growing season in temperate vegetation over the Northern Hemisphere for the period 1982–2008. *Global Change Biology*. Volume17, Issue7. 2011 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02397>.

Kaleena P.K., Deepa P., Valivittan K. Antioxidant potential of *Sansevieria roxburghiana* Schult. & Schult. F. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 2012. Vol. 5(3). P. 166–169.

Kalista M. Underutilized medicinal species of *Crambe* L. from the flora of Ukraine. *Agrobiodiversity for Improving Nutritional, Health Life Quality*. 2017. Vol. 1. P. 216–220. <https://agrobiodiversity.uniag.sk/scientificpapers/article/view/66>

Kamenetsky R., Dole J. Herbaceous peony (*Paeonia*): Genetics, Physiology and cut flower production. *Floriculture and Ornamental Biotechnology*. 2012. Vol. 6. Sp. Issue 1. P. 62–67.

Kasparý T.E., Cutti L., Bellé C., Casarotto G., Groth M.Z., Pinto da Silva G.B., de Aguiar A.C.M. Non-destructive analysis of photosynthetic pigments in *Avena strigosa* and *Avena sativa*. *Australian Journal of Crop Science*. 2019. Vol. 13(3). P. 354–359. <https://10.21475/ajcs.19.13.03.p.1149>

Kipkoech S., Melly D.K., Muema B.W., Wei N., Kamau P., Kirika P.M., Wang Q., Hu G. An annotated checklist of the vascular plants of Aberdare Ranges Forest, a part of Eastern Afrotropical Biodiversity Hotspot. *PhytoKeys*. 2020. Vol. 149. P. 1–88. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.149.48042>

Klymenko S., Illinska A., Grygorieva O. Antioxidant capacity and polyphenols contents in fruits of *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини : збірник праць XIV Міжнар. міждисципл. наук.-практ. конф. / За ред. Т. М. Ганича. Ужгород : ДВНЗ “УжНУ”, 2021. С. 13–17.*

Klymenko S., Ilyinska A. Biometric characteristics of *Chaenomeles* spp. cultivars and varieties, introduced in M.M. Gryshko National Botanical Garden of Ukraine. *Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development* : book of Abstracts of the 5<sup>th</sup> Inter. Sci. Conf., Slovak University of Agriculture in Nitra. 2021. P. 77.

Knop W. Quantitative untersuchungen über den ernährungsprozess der pflanze. *Landw. Versuchssat.* 1865. Vol. 7. P. 93.

Knudson L. Nonsymbiotic germination of orchid seeds. *Bot. Gaz.* 1922. Vol. 73. № 1. P. 1–25.

Ko Y., Wu T., Wu Y., Chang F., Guh J., Chuang L. Annonacin induces cell cycle-dependent growth arrest and apoptosis in estrogen receptor- $\alpha$ -related pathways in MCF-7 cells. *J Ethnopharmacol.* 2011. Vol. 137. № 3. P. 1283–1290.

- Kral R. A revision of *Asimina* and *Deeringothamnus* (Annonaceae). *Brittonia*. 1960. Vol. 12. P. 233–278.
- Layne D.R. The pawpaw [*Asimina triloba* (L.) Dunal.]: A new fruit crop for Kentucky and the United States. *HortScience*. 1996. Vol. 31. P. 777–784.
- Lee Y., Lee N. Plant regeneration from protocorm-derived callus of *Cypripedium formosanum*. *In Vitro Cell Dev. Biol. Plant*. 2003. Vol. 39. P. 475–479.
- Leppik E.E., White G.A. Preliminary assessment of *Crambe* germplasm resources. *Euphytica*. 1975. Vol. 24. P. 681–689. <https://doi.org/10.1007/BF00132906>
- Li T., Sun, Y., Jiang J., Liu J. Spectroscopic determination of leaf chlorophyll content and color for genetic selection on *Sassafras tzumu*. *Plant Methods*. 2019. Vol. 15. P. 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0458-0>
- Li X., Yang Y.B., Yang Q., Sun L.-N., Chen W.-S. Anti-inflammatory and analgesic activities of *Chaenomeles speciosa* fraction in laboratory animals. *Journal of Medicinal Food*. 2009. Vol. 12. Issue 5. P. 1016–1022.
- Lichtenthaler, Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 1987. Vol. 148. P. 350–382. [http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)
- Liliane T., Charles M. Factors affecting yield of crops. In: Amanullah, editor. *Agronomy – Climate Change & Food Security*. IntechOpen; 2020. DOI: 10.5772/intechopen.90672 Available from: URL : <https://www.intechopen.com/chapters/70658>.
- Lokato V., Cimini S., Gara I. Strategies to increase vitamin C in plants: from plant defense perspective to food biofortification. *Frontiers in Plant Science*. 2013. Vol. 4. article 52. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00152>
- López-Bucio J., Nieto-Jacobo M. F., Ramírez-Rodríguez V., Herrero-Estrella L. Organic acid and metabolism in plants: from adaptive physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. *Plant Science*. 2000. Vol. 160. P. 1–13. [https://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00347-2](https://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00347-2)
- Manning R. Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees. *Bee World*. 2001. Vol. 82. № 2. P. 60–75.
- Martin F. Compounds from the stigmas of ten species. *J. Bot.* 1969. Vol. 56. № 9. P. 1023–1027.
- Martins R.F.A., Souza A.F.C., Pito C., Falqueto A. R. Physiological responses to intense water deficit in two genotypes of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.). *Australian Journal of Crop Science*. 2017. Vol. 11(7). P. 821. URL: [https://www.researchgate.net/publication/319872203\\_Physiological\\_responses\\_to\\_intense\\_water\\_deficit\\_in\\_two\\_genotypes\\_of\\_crambe\\_Crambe\\_abyssinica\\_Hochst](https://www.researchgate.net/publication/319872203_Physiological_responses_to_intense_water_deficit_in_two_genotypes_of_crambe_Crambe_abyssinica_Hochst)
- Masnoddin M., Repin R., Aziz Z. PLB regeneration of *P. rothschildianum* using callus and liquid Culture System. *Journal of Tropical Biology and Conservation*. 2018. Vol. 15. P. 1–14.
- Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roslinnych Polski. Warszawa : Wydawnictwo naukowe. PWN. 2001. 540 s.
- McDonald P.G., Fonseca C.R., Overton Mc C., Westoby M. Leaf-size divergence along rainfall and soil-nutrient gradients: is the method of size reduction common along clades. *Functional Ecology*. 2003. Vol. 17. Iss. 1. P. 50–57.
- McLaughlin J.L., Hui Y.-H. Chemotherapeutically active acetogenins. U.S. Patent 1993. Vol. 5. P.229-419.

Melo B., Carpinetti P. et al. Abiotic Stresses in Plants and Their Markers: A Practice View of Plant Stress Responses and Programmed Cell Death Mechanisms. *Plants*, 2022, 11, 1100. <https://doi.org/10.3390/plants11091100>.

Meusel H.E., Jäger E., Rauschert S., Weinert E. Vergleichende Chorologie der Zentralen-ropaishen Flora. Bd 2. Jena : Gustav Fischer, 1978. 258 s.

Meusel H., Jäger E. J. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Bd. III. Jena, Stuttgart, New York : Fischer Verlag, 1992. 688 s.

Mitaru B.N., Blair L., Bell J.M., Reichart R.D. Tannin and fiber contents of rapeseed and canola hulls. *Canadian Journal of Animal Sciences*. 1982. Vol. 62. P. 661–663.

Mohsenzadeh S., Shahrtash M., Mohabatkar H. Interactive effects of salicylic acid and silicon on some physiological responses of cadmium-stressed maize seedlings. *Iran. J. of Science & Technology*. 2011. Vol. 35(1). P. 57–60. <https://doi.org/10.22099/IJSTS.2011>

Mounce R., Smith P., Brockington S. *Ex situ* conservation of plant diversity in the world's botanic gardens. *Nature Plants*. 2017. Vol. 3(10). P. 795–802. <https://doi.org/10.1038/s41477-017-0019-3>

Muliati M., Nurhidayah T., Nurbaiti N. The effect of NAA, BAP and their combinations in MS media on the *in vitro* development of *Sansevieria macrophylla* explants. *JOM FAPERTA*. 2017. Vol. 4. № 1. P. 1–13.

Muñoz M., Jiménez V. Capsule development, *in vitro* germination and plantlet acclimatization in *Phragmipedium humboldtii*, *P. longifolium* and *P. pearcei*. *Lankesteriana*. 2008. Vol. 8. № 2. P. 23–31.

Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*. 1962. Vol. 5. № 95. P. 473–497.

Muzykiewicz A., Zielonka-Brzezicka J., Siemak J. Antioxidant activity and polyphenol content in extracts from various parts of fresh and frozen mangosteen. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment*. 2020. Vol. 19(3). P. 261–270. <https://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.0788>

Myers R.A., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca & J. G.A.B. Ken. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 2000. Vol. 403. P. 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>

Mykhalilova O. Phytocenological description of populations of rare species of genus *Crambe* L. in Crimea. *Biologija*. Kaunas : Lietuvos mosklu akademija, 2013. Vol. 59. № 3. P. 263–270.

Nhut D.T., Trang P., Vu N., Thuy D., Khiem D., Binh N., Van K.T. Wounding method and liquid culture in *P. delenatii* propagation. *Propagation of Ornamental Plants*. 2005. Vol. 5. № 3. P. 158–163.

Nieboriski Th.E., Klein B.P., Wallig M.A. Rapid isolation and purification of 1-cyano-2-hydroxy-3-betene (crambene) from *Crambe abyssinica* seed meal using immiscible solvent extraction and high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. Vol. 49. P. 3594–3599. <https://doi.org/10.1021/jf001366y>

Pande G., Akoh C.C. Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Food Chem*. 2010. Vol. 120. № 2. P. 1067–1075.

Pau, S., Wolkovich E.M., Cook B.I., Davies T.J., Kraft N.J.B., Bolmgren K., Betancourt J.L., and Cleland E.E., 2011: Predicting phenology by integrating ecology,

evolution and climate science. *Glob. Change Biol.*, 17, 3633-3643, DOI:10.1111/j.1365-2486.2011.02515.

Paulose B., Kandasamy S., Dhankher P. O. Expression profiling of *Crambe abyssinica* under arsenate stress identifies genes and gene networks involved in arsenic metabolism and detoxification. *BMC Plant Biology*. 2010. Vol. 10. 108 p.

Peñualas J., Filella I., Baret F. 1995. Semiempirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica*, vol. 31, p. 221–230.

Pierik R.L.M., Sprenkels P.A., Harts B. Seed germination of plantlets of *Paphiopedilum ciliolare* Pfitz. *in vitro*. *Sci. Hort.* 1988. Vol. 23. P. 139–153.

Piven M.M., Barredo-Pool F.A., Borges-Argaez Y.C. et al. The Key events and its regulation during somatic embryogenesis in monocots *Agaves*. *Biotechnology Approaches for Exploitation and Preservation of Plant Resources* : Abstract of International Symposium (May 26–31, 2002, Yalta). Yalta. 2002. P. 24.

Plant list. URL: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Crambe>

Pomper K.W., Layne D.R. *Asimina triloba*, pawpaw. In: The Encyclopedia of Fruits and Nuts. / Eds. J. Janick and R. E. Paull. 2008. CAB International. P. 62–68.

Pomper K.W., Layne D.R. The North American pawpaw: botany and horticulture. *Hortic Rev.* 2005. Vol. 31. P. 351–384.

Prasad M.P. Antimicrobial potential of Brassicaceae family against clinical isolates. *International Journal of Pure Apply Biosciences*. 2014. Vol. 2(2). P. 158–162.

Prasad T.K., Anderso M.D., Martin B.A. [et al.]. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. *Plant Cell*. 1994. Vol. 6. P. 65–74.

Prieto P., Pineda M., Aguilar M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analitical Biochemistry*. 1999. Vol. 269. P. 337–241. <https://doi.org/10.1006/abio/1999.4019>

Prina A.O. A taxonomical revision of *Crambe* sect. *Leptocrambe* (Brassicaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000. Vol. 133. Issue 4. P. 509–524. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2000.tb01593.x>

Prina A.O. Taxonomic review of the genus *Crambe* sect. *Crambe* (Brassicaceae, Brassicaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 2009. Vol. 66(1). P. 7–24. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2186>

Prina A.O., Bramwell D.A. A new species of *Crambe* (Brassicaceae) from La Gomera, Canary Islands, Spain. *Annales Botanici Fennici*. 2000. Vol. 37. P. 301–302.

Prina A.O., Martínez-Laborde J.B. A taxonomic revision of *Crambe* section *Dendrocrambe* (Brassicaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2008. Vol. 156. P. 291–304.

Prochnow A., Heiermann M., Plöhl M., Amon T., Hobbs P.J. Bioenergy from permanent grassland – a review: 2. Combustion. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100. P. 4945–4954. <https://dx.doi.org/10.1016/j.biotech.2009.05069>

Pushkarova N.O., Kalista M.S., Kharkhota M.A., Rakhmetov D.B., Kuchuk M.V. Biotechnological approaches for conservation of the endangered species *Crambe koktebelica* (Junge) N. Busch and effect of aseptic *in vitro* cultivation on its biochemical properties. *Biotechnologia acta*. 2016. Vol. 9. № 4. P. 19–27.

Rashid M.A., Akhtar M.N., Ashraf A., Nazir S., Ijaz A., Omar N. A., Noor S., Basit A., Tareen R.B. Chemical composition and antioxidant, antimicrobial and hemolytic activities of *Crambe cordifolia* roots. *Farmacia*. 2018. Vol. 66(1). P. 165–171.

Rašomavičius V. (vyr. red.). Lietuvos Raudonoji knyga. Vilnius; Kaunas : Lututė, 2007. 799 p.

Rasouli H., Farzaei M.H., Khodarahmi R. Polyphenols and their benefits: a review. *Int. J. Food Prop.* 2017. Vol. 20(2). P. 1700–1741. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1354017>

Rassmussen H.N. Orchid stomata: structure, differentiation, function and phylogeny. : 10 v. / Ed. J. Arditti. Portland, Oregon : Timber Press, 1987. Vol. IV. P. 105–138.

Ratnadewi D., Izzati A.N.H., Jahjolekono A. T. Pertumbuhan Planlet Lidah Mertua (*Sansevieria* sp.) Blue Leaf dari Kultur Kalus. *J. Sumberdaya HAYATI*. 2015. Vol. 1. № 1. P. 15–18.

Ratnayake S., Rupprecht J.K., Potter W.M., McLaughlin J.L. Evaluation of various parts of the pawpaw tree, *Asimina triloba* (Annonaceae), as commercial sources of the pesticidal annonaceous acetogenins. *J Econ Entomol.* 1992. Vol. 85. № 6. P. 2353–2356.

Razavi S.M., Nejad-Ebrahimi S. Chemical composition, allelopathic and cytotoxic effects of essential oils of flowering tops and leaves of *Crambe orientalis* L. from Iran. *Natural Products Research*. 2009. Vol. 23(16). P. 1492–1498. <https://doi.org/10.1080/14786410802611303>

Reddy K.R., Seghal A., Jumaa S., Bheemanahalli R., Kakar N., Redoña E.D., Wijewardana C., Alsajri F.A., Chastain D., Gao W., Taduri S., Lone A.A. Morphophysiological characterization of diverse rice genotypes for seedling stage highland low-temperature tolerance. *Agronomy*. 2021. Vol. 112 (1). P. 1–19. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010112>

Registered peony cultivars, with a checklist of peony names, references and originators. / American Peony Society. URL: <https://americanpeonysociety.org/cultivars/peony-registry>

RHS-Colour Chart / The Royal Horticultural Society. London : SW1P 2PE, 2001.

Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D., West C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Divers. distribut.* 2000. Vol. 6. № 2. P. 93–107.

Rivelli A.R., Caruso M.C., Maria S., Galgano F. Vitamin C content in leaves and roots of horseradish (*Armoracia rusticana*): seasonal variation in fresh tissues and retention as affected by storage conditions. *Emir J Food Agric.* 2017. Vol. 29(10). P. 799–806. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2017.v29.i10.1294>

Sairam R.K., Srivastava G.C. Induction of oxidative stress and antioxidant activity by hydrogenperoxide treatment in tolerant and susceptible wheat genotypes. *Biologia Plantarum*. 2000. Vol. 43. P. 381–386.

Samarappuli D., Zanetti F., Berzuini S., Berti M.T. Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst): a non-food oilseed crop with great potential: a review. *Agronomy*. 2020. Vol. 10(9). 1380. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091380>

Sancheti S., Seo S.Y. *Chaenomeles sinensis*: a potent A- and B-glucosidase inhibitor. *American Journal of Pharmacology and Toxicology*. 2009. Vol. 4. Issue 1. P. 8–11.



Sánchez-Moreno C., Larrauri A., Saura-Calixto F. A procedure to measure the antioxidant efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1998. Vol. 76(2). P. 270–276. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0.CO;2-9)

Sandekar S.N., Devarkar V.D., Shaikh T.J., Shahane M.K., Kschirsagar U.M. Phytochemical and taxonomical studies in *Lepidium sativum* L. (Brassicaceae). *International Research Journal of Science and Engineering*. 2018. Vol. 6. P. 26–32.

Sarmast M.K., Salehi M., Salehi H. The Potential of Different Parts of *Sansevieria trifasciata* L. Leaf for Meristemoids Production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2009. Vol. 3. № 3. P. 2506–2509.

Sawai R., Kuroda K., Shibata T., Gomyou R., Osawa K., Shimizu K. Anti-influenza virus activity of *Chaenomeles sinensis*. *Journal of Ethnopharmacology*. 2008. Vol. 118. Issue 1. P. 108–112.

Shafii Z.A., Basri M., Malek E.A., Ismail M. Phytochemical and antioxidant properties of *Manilkara zapota* (L.) P roen fruit extracts and its formulations for cosmeceutical application. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2017. Vol. 7(3). P. 29–41.

Shahzad A., Ahmad N., Rather M.A., Husain M.K., Anis M. Improved shootregeneration system through leaf derived callus and nodule culture of *Sansevieria cylindrica*. *Biol. Plant*. 2009. Vol. 53. P. 745–749.

Sica V.P., El-Elimata T., Oberlies N.H. *In situ* analysis of *Asimina triloba* (paw paw) plant tissues for acetogenins via the droplet-liquid microjunction-surface sampling probe coupled to UHPLC-PDA-HRMS/MS. *Analytical methods : advancing methods and applications* 2016. Vol. 8. № 32. P. 6143–6149.

Sikora E., Cieřlik E., Topolska K. The sources of natural antioxidants. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. 2008. Vol. 7(1). P. 5–17.

Stack J., Fletcher J. and Gullino M. Climate change and plant biosecurity: a new world disorder? *Environmental Science*, 2013. URL : <https://www.semanticscholar.org/paper-/Climate-charge-and-plant-biosecurity>

Stewart J., Button G. A note on lateral bud development in *Paphiopedilum*. *Amer. Orchid Soc. Bull.* 1977. Vol. 46. P. 934.

Tarikanya-Hacıođlu B. Molecular diversity of the wild *Crambe* (Brassicaceae) taxa in Turkey detected by inter-simple sequence repeats. *Industrial Crops and Products*. 2016. Vol. 60. P. 214–219. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.065>

Templeton S.B., Marlette M., Pomper K.W., Jones S.C. Favorable taste ratings for several paw paw products. *Hort Technol.* 2003. Vol. 13. P. 445–448.

Tomson L., Kruma Z. Influence of harvest time on the phenolic content of horseradish leaves. In: *Baltic Conference on Food Science and Technology*. 2017. P. 45–50. <https://doi.org/10.22616/foodbalt.2017.019>

Toscano de Brito A.L.V. Leaf anatomy of *Ornithocephalinae* (Orchidaceae) and related subtribes. *Lindleyana*. 1998. Vol. 13. № 4. P. 234–258.

Tusevski O., Kostovska A., Iloska A., Trajkovska L., Gazdovska Simic S. Phenolic production and antioxidant properties of some Macedonian medicinal plants. *Cent. Eur. J. Biol.* 2014. Vol. 9(9). P. 888–990. <https://doi.org/10.2478/s11535-014-0322-1>

Tutus A., Komplekcioglu N., Karaman S., Hakki Alma M. Chemical composition and fiber properties of *Crambe orientalis* and *C. tataria*. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2010. Vol. 12. P. 286–290.

Veeru P., Kishor P.M., Meenakshi M. Screening of medicinal plant extracts for antioxidant activity. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2009. Vol. 3(8). P. 608–612.

Vergun O.M., Rakhmetov D.B., Shymanska O.V., Fishchenko V.V. The accumulation of nutrients in under-ground parts of plants of the genus *Crambe* L. spp. *Plant Introduction*. 2018. № 2(78). P. 3–11.

Vergun O.M., Rakhmetov D.B., Shymanska O.V., Fishchenko V.V., Druz N.M., Rakhmetova S.O. Biochimichna charakterystyka syrovyny *Camellina sativa* (L.) Crantz. (Biochemical characteristic of plant raw material of *Camellina sativa* (L.) Crantz.). *Plant Introduction*. 2017b. Vol. 74(2). P. 80–88. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2300770>

Vergun O.M., Rakhmetov D.B., Shymanska O.V., Fishchenko V.V., Ivanišová E., Brindza J. Leaves extracts of selected crops as potential source of antioxidants. *Introduktsiya Roslyn (Plant Introduction)*. 2019c. Vol. 84(1), p. 82–88. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3566626>

Vergun O., Kačaniová M., Rakhmetov D., Shymanska O., Bondarchuk O., Brindza J., Ivanišová E. Antioxidant and antimicrobial activity of *Bunias orientalis* L. and *Scorzonera hispanica* L. ethanol extracts. *Agrobiodiversity for Improving Nutritional, Health Life Quality*. 2018. Vol. 2. P. 29–38. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2018.2585-8246.029-038>

Vergun O., Rakhmetov D., Shymanska O., Fishchenko V. Estimation of Photosynthetic Pigments in the Leaves of *Crambe* Spp. During Vegetation. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2019. Vol. 3. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.373-381>

Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Fishchenko V., Bondarchuk O., Rakhmetova S. Biochemical composition of four species of *Crambe* L. *Agrobiodiversity Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life : Book of Abstracts of the 4<sup>th</sup> International Scientific Conference*. Nitra, Slovakia, 2019. P. 147.

Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Fishchenko V., Bondarchuk O., Rakhmetova S. Content of photosynthetic pigments in the leaves of *Crambe* L. species. *Agrobiodiversity Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life : Book of Abstracts of the 4<sup>th</sup> International Scientific Conference*. Nitra, Slovakia, 2019. P. 148.

Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Fishchenko V., Bondarchuk O., Rakhmetova S. Accumulation of nutrients in the raw of *Crambe* species. *Agrobiodiversity for Improving Nutritional, Health Life Quality*. 2019b. Vol. 3. P. 323–332. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.323-332>

Wattanapan N., Nualsri C., Meesawat U. *In vitro* propagation through transverse thin cell layer (tTCL) culture system of lady's slipper orchid: *Paphiopedilum callosum*. *J. Sci. Technol*. 2018. Vol. 40. № 2. P. 306–313.

Weber C. Cultivars in the genus *Chaenomeles*. *Arnoldia*. 1963. Vol. 23. № 3. P. 17–75.

Weber C. The genus *Chaenomeles* (Rosaceae). *J. Arnold Arb*. 1964. Vol. 45. № 2. P. 161–205; № 3. P. 302–345.

Wiemann M.C., Manchester S.R., Dilcher D.L. et al. Estimation of temperature and precipitation from morphological characters of dicotyledonous leaves. *Am. J. Bot*. 1998. Vol. 85. P. 1796–1802.

- Willmer C.M. Stomata. London and New York: Longman, 1983. 166 p.
- Wilson M.F., Schemske D.W. Pollinator limitation, fruit production, and floral display in pawpaw (*Asimina triloba*). *Bul. Torrey Bot. Club.* 1980. Vol. 107. P. 401–408.
- Woo M.H., Zeng L., Ye Q., Gu Z., Zhao G., McLaughlin J. L. 16, 19-cis-Murisolin and murisolin A, two novel bioactive mono-tetrahydrofuran annonaceous acetogenins from *Asimina triloba* seeds. *Bioorg Med Chem Lett.* 1995. Vol. 5. № 11. P. 1135–1140.
- Wright I., Reich P., Westoby M. et al. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature.* 2004. Vol. 428. P. 821–827. <https://doi.org/10.1038/nature02403>
- Wu G., Cui L., Liu Sh. et al. Preliminary Studing Report of Cultivating and Demonstrating Itoh Hybrids Introduced from Abroad. *Northern Horticulture.* 2011. Issue 24. P. 67–71.
- WWF Living Planet Report, 2016. URL: [http://awsassets.panda.org/downloads/lpr\\_living\\_planet\\_report\\_2016.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2016.pdf)
- Xiao Z., Godling E.E., Luo Y., Nou X., Lester E.C., Wang Q. Microgreens of Brassicaceae: mineral composition and content of 30 varieties. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2016. Vol. 49. P. 87–93. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2016.04.006>
- Yan N., Hu H., Huang J., Xu K., Wang H., Zhou Z. Micropropagation of *Cypripedium flavum* through multiple shoots of seedlings derived from mature seeds. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 2006. Vol. 84. P. 113–117.
- Yan X., Tian M., Liu F., Wang C., Zhang Y. Hormonal and morphological changes during seed development of *Cypripedium japonicum*. *Protoplasma.* 2017. Vol. 254. № 6. P. 2315–2322. <https://doi.org/10.1007/s00709-017-1128-6>
- Yang L., Zhang J., Teixeira da Silva J., Yu X. Variation in Ploidy and Karyological Diversity in Different Herbaceous Peony Cultivar Groups. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 2017. Vol. 142. Issue 4. P. 272–278. <https://doi.org/10.21273/JASHS04015-17>
- Yaoqi Li, Dongting Zou, Nawal Shrestha, Xiaoting Xu, Qinggang Wang, Wen Jia, Zhiheng Wang. Spatiotemporal variation in leaf size and shape in response to climate. *Journal of Plant Ecology.* 2020. Vol. 13. Issue 1. P. 87–96. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtz053>
- Yü T.T., Kuan K.C. Taxa nova *Rosacearum sinicarum*. 1963. Vol. 8. № 3. P. 202–234.
- Yusnita Y., Pungkastiani W., Hapsoro D. *In vitro* organogenesis of two *Sansevieria cultivars* on different concentrations of benzyladenine (BA). *Agrivita J. Agric. Sci.* 2011. Vol. 33. № 2. P. 147–153.
- Yusnita Y., Wahyuningsih T., Sulistiana P., Hapsoro D. *In vitro* Propagation of *Sansevieria trifasciata* ‘Lorentii’: Shoot Regeneration, Rooting, and Plantlet Acclimatization. *J. Agron. Indonesia.* 2013. Vol. 41. № 1. P. 70–76.
- Zanetti F., Scordia D., Vamerli T., Copani V., Dal Cortivo C., Mosca G. *Crambe abyssinica* a non-food crop with potential for the Mediterranean climate: Insights on productive performances and root growth. *Industrial Crops and Products.* 2016. Vol. 90. P. 152–160.
- Zawiślak G., Nurzyńska-Wierdak R. Evaluation of the yield and biological value of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) in the bunch harvest cultivation. *Acta Scientiarum Polonorum.* 2014. vol. 13(4), p. 185–194.

Zeng S., Wua K., Teixeira da Silva J., Zhang J., Chena Z., Xia N., Duan J. Asymbiotic seed germination, seedling development and reintroduction of *Paphiopedilum wardii* Sumerh., an endangered terrestrial orchid. *Scientia Horticulturae*. 2012. Vol. 138. P. 198–209.

Zhao G.X., Miesbauer L.R., Smith D.L., McLaughlin J.L. Asimin, asiminacin, and asiminecin: Novel highly cytotoxic asimicin isomers from *Asimina triloba*. *J. Med. Chem.* 1994. Vol. 37. № 13. P. 1971–1976.

Zhao G.X., Rieser M.J., Hui Y.H., Mies bauer L.R., Smith D.L., McLaughlin J.L. Biologically-active acetogenins from stem bark of *Asimina triloba*. *Phytochemistry*. 1993. Vol. 33. № 5. P. 1065–1073.

Zhao G., Hui Y., Rupprecht J.K., McLaughlin J.L., Wood K.V. Additional bioactive compounds and trilobacin, a novel highly cytotoxic acetogenin, from the bark of *Asimina triloba*. *J Nat Prod*. 1992. Vol. 55. № 3. P. 347–356.

Zhou X., Huang W., Zhang J., Kong W., Casa R. A novel combined spectral index for estimating the ratio of carotenoid to chlorophyll content to monitor crop physiological and phenological status. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2019. Vol. 76. P. 128–142. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.10.012>

**СПИСОК**  
**публікацій за результатами виконання роботи**  
**“РОЗРОБКА НАУКОВИХ ОСНОВ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ЗБАГАЧЕННЯ**  
**ТА ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ЦІННИХ**  
**ІНТРОДУЦЕНТІВ І РІДКІСНИХ РОСЛИН ЗА ВПЛИВУ**  
**КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В УКРАЇНІ”**  
**(2017–2021 рр.)**

---

**Монографії**

1. Адаптація інтродукованих рослин в Україні: монографія / [Рахметов Д.Б., Заїменко Н.В., Гапоненко М.Б., Черевченко Т.М. та ін.]; відп. ред. Д.Б. Рахметов. Київ : Фітосоціоцентр, 2017. 516 с.
2. Інтродукція нових корисних рослин в Україні: монографія / Д.Б. Рахметов, О.М. Вергун, С.М. Ковтун-Водяницька та ін. Київ : Ліра-К, 2020. 338 с. ISBN 978-617-7444-76-0
3. Клименко С., Григорьева О., Бриндза Я. Малоизвестные виды плодовых культур. Нитра, 2017. 104 с.
4. Колекційний фонд енергетичних, ароматичних та інших корисних рослин НБС імені М.М. Гришка НАН України / Д.Б. Рахметов, С.М. Ковтун-Водяницька, О.А. Корабльова та ін. Київ : ФОП Паливода В.Д., 2020. 208 с.
5. Рахметов Д.Б. Нетрадиционные виды растений для биоэнергетики, 2018. 103 с. URL : [https://agrobionet.uniag.sk/flipbkTB03\\_RU](https://agrobionet.uniag.sk/flipbkTB03_RU)

**Посібник**

6. Бриндза Я., Григорьева О. Многоязычный словарь названий видов растений. Нитра, 2018. 219 с.
7. The results of testing of organo-siliceous mixtures in Ukraine. Editors in chief Zaimenko N.V. and Slyusarenko O.M. Kyiv: Lira-K, 2018. 40 p.

**Статті**

8. Буйдін Ю.В., Троїцький М.О. Паліноморфологічний аналіз рослин сортів *Iris hybrida hort.* (Rodion.) *Інтродукція рослин.* № 2. 2018. С. 36–46.
9. Гиренко О.Г. Особливості будови елементарного пагона та загонової системи деяких видів роду *Coelogyne* Lindl. (Orchidaceae Juss.) *Інтродукція рослин.* 2018. № 3 (79). С. 52–57.
10. Гиренко О.Г., Ковальська Л.А., Ткаченко Г.М. Особливості будови елементарного пагона та пагонової системи чотирьох видів роду *Coelogyne* Lindl. (Orchidaceae Juss.). *Інтродукція рослин.* 2017. № 2. С. 42–48.
11. Горобець В.Ф., Щербакова Т.О. Пионы. История желтого цвета. Сорта Itoh Group. *Огородник.* 2020. № 9. С. 36–40.
12. Горобець В.Ф., Щербакова Т.О. Сорти півоній Іто-групи (Itoh Group) у колекції Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Plant Varieties Studing and Protaction.* 2020. Т. 16. № 1. С. 17–24.
13. Грабовецкая О., Клименко С., Григорьева О., Бриндза Я. Азимины трехлопастная (*Asimina triloba* (L.) Dunal) / Под ред. Бриндза Я., Григорьева О. Малоиспользуемые виды растений. Нитра, 2017. С. 8–16.

14. Діденко С.Я., Шиндер О.І. Особливості видового складу культурфітоценозів на ботаніко-географічній ділянці “Кавказ” Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ). *Journal of Native and Alien Plant Studies*. Vol. 16, 2020. P. 45–57. DOI: 10.37555/2707-3114.16.2020.219814

15. Дідик Н.П. Передпосівна обробка насіння підвищує стійкість до алелопатичного стресу. *Физиология растений и генетика*. 2017. Т. 49. № 4. С. 339–346.

16. Дідик Н.П., Іваницька Б.О. Вплив кремнієвмісних мінералів і сумішей на їх основі на алелопатичний режим прикореневого ґрунту під 30-річними насадженнями яблуні та песика. *Інтродукція рослин*. 2019. № 1. С. 51–57.

17. Заїменко Н.В., Павлюченко Н.А., Елланська Н.Е., Юношева О.П., Харитонов І.П., Дідик Н.П., Росіцька Н.В., Іваницька Б.О. Перспективи застосування кремнієвмісної органо-мінеральної суміші для зниження ґрунтової втрати в плодкових садах. *Доповіді Національної академії наук України*. 2017, № 11. С. 76–82.

18. Заїменко Н.В., Слюсаренко О.М., Юношева О.П. Вплив кремнієвмісних сумішей на міграцію радіонуклідів у системі ґрунт–рослина. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27. № 1. С. 106–108.

19. Клименко С. Хеномелес (*Chaenomeles* Lindl.) / Под ред. Бриндза Я., Григорьева О. *Малоиспользуемые виды растений*. Нитра, 2017. С. 142–147.

20. Коломійчук В., Баранський О. Флора та рослинність Ірпінського лісу. *Вісник Київського Національного університету імені Тараса Шевченка. Біологія*. 2020 83(4). С. 49–55.

21. Левчик Н.Я., Гнатюк, А.М. Любінська А.В., & Горбенко Н.Є. Алелопатична активність *Trifolium repens* L. та *T. rubens* L. (Fabaceae) в умовах національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 31(1), 2021. 20–25. <https://doi.org/10.36930/40310103>

22. Левчик Н.Я., Рахметов Д.Б., Любінська А.В., Горбенко Н.Є. Алелопатичний потенціал рослин роду *Crambe* L. (Brassicaceae Burnett) колекції Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2019. Т. 29, № 5. С. 40–46.

23. Марчишин С.М., Скринчук О.Я., Рахметов Д.Б., Демидяк О.Л. Анатомічна будова підземних органів катрану коктебельського (*Crambe koktebelica* (Junge) N. Busch) *Фармацевтичний часопис*. 2021. № 3. С. 14–21 DOI <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2021.3.12439>

24. Марчишин С.М., Стойко Л.І., Скринчук О.Я., Рахметов Д.Б. Дослідження якісного складу та кількісного вмісту кислот жирних катрану серцелистого та катрану коктебельського листків. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. 2019. Т. 12, № 1 (29). С. 15–20.

25. Мельник В.І., Баранський О.Р. Генезис та динаміка ареалу *Daphne sneorum* (Thymelaceae) в межах України. *Український ботанічний журнал*. 2020, 77(5). С. 349–362.

26. Мельник В.І., Баранський О.Р. Генезис та динаміка ареалу *Sarothamnus scorpius* (Fabaceae) у межах України. *Український ботанічний журнал*. 2017, 74(5). С. 334–346.

27. Мельник В.І., Баранський О.Р. Жарнівець віниковий (*Sarothamnus scorpius* (L.) W.D.J. Koch) – індикатор глобального потепління. *Доповіді Національної Академії Наук України*. 2018, 5. С. 105–112.

28. Шиндер О.І. Спонтанна флора Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ). Повідомлення 4. Адвентивні види: ксенофіти. *Інтродукція рослин*. 2019. № 4. С. 18–33. DOI:10.5281/zenodo.3566608

29. Шиндер О.І., Глухова С.А., Михайлик С.М. Спонтанна флора Сирецького дендрологічного парку загальнодержавного значення (м. Київ). *Інтродукція рослин*. 2018а. № 2. С. 54–63.

30. Шиндер О.І., Дойко Н.М. Спонтанна флора Державного дендрологічного парку “Олександрія” НАН України (м. Біла Церква, Київська область). Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions [Ed. by Z. Litwińczuk]. Riga: “Baltija Publishing”. 2020. P. 420–460. DOI:10.30525/978-9934-26-025-4-20

31. Шиндер О.І., Неграш Ю.М., Глухова С.А., Дойко Н.М., Рак О.О. Адвентивні види роду *Lonicera* (Caprifoliaceae) у флорі Правобережної України. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2020. Т. 3. С. 58–65.

32. Шиндер О.І., Рак О.О., Глухова С.А. Спонтанні популяції видів роду *Taxus* (Taxaceae) у Сирецькому дендрологічному парку. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*. 2018б. Т. 1. С. 52–58.

33. Brindza J., Grygorieva O., Klymenko S., Vergun O., Mareček, J., Ivanišová, E. Variation of fruits morphometric parameters and bioactive compounds of *Asimina triloba* (L.) Dunal germplasm collection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2019. Vol. 13, no. 1. P. 1–7.

34. Buyun L. A promising alternative for treatment of bacterial infections by *Sansevieria cylindrica* Bojer ex Hook leaf extract / L. Buyun, H. Tkachenko, A. Góralczyk, M. Maryniuk, Z. Osadowski. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2018. 2. P. 82–93.

35. Buyun L. Antibacterial Activity of the Ethanolic Extracts Derived from Leaves and Pseudobulbs of Some Orchids Belonging to *Coelogyne* Genus Against Enterobacter Cloacae Strain / L. Buyun, H. Tkachenko, N. Kurhaluk, O. Gyrenko, L. Kovalska, A. Góralczyk, V. Tomin, Z. Osadowski. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*. 2019. Vol. 3. P. 348–360.

36. Buyun L., Gaidarzhly M., Prokopiv A. 2020. Living collections of tropical plants as national heritage collections of Ukraine. In: Espírito-Santo, M.D. et al. (eds), in Botanic Gardens, People and Plants for a Sustainable World. *IsaPress*. Lisboa. P. 105–113. *IsaPress*. Lisboa.

37. Buyun L., Tkachenko H., Kurhaluk N., Gyrenko O., Kovalska L., Góralczyk A. 2021. Evaluation of antibacterial activity of the ethanolic extracts derived from leaves of *Coelogyne brachyptera* Rchb. f. (Orchidaceae). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*. 2021(1): 5. P. 37–46. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0005>.

38. Didyk, N.P.; Rositska, N.V.; Ivanytska, B.O.; Zaimenko, N.V. Interaction between Soil Drouhgt and Allelopathic Factor on Wheat Seedlings Performance. *Biol. Life Sci. Forum* 2021, 4, 59. <https://doi.org/10.3390/IECPS2020-08732>

39. Gnatiuk A.M., Gaponenko M.B., Gaponenko A.M. Features of *Trifolium rubens* (Leguminosae) ontomorphogenesis in conditions of Ukraine. *Biosystems diversity*. Vol. 29, № 3. 2021b. P. 244–250. DOI: <https://doi.org/10.15421/012130>

40. Gnatiuk A., Gaponenko M., Loya V., & Gaponenko A. Distribution of *Trifolium rubens* in Ukraine and the current state of its populations in Zakarpattia. *Plant Introduction*, (89/90), 2021a. P. 72–82. <https://doi.org/10.46341/PI2020042>

41. Góralczyk A., Tkachenko H., Buyun L., Kovalska L., Gyrenko O., Osadowski Z. Ocena antybakteryjnych właściwości etanolowych wyciągów wybranych gatunków roślin z rodzaju *Coelogyne* Lindl. (*Orchidaceae*). Nauka młodych: przeszłość, teraźniejszość, przyszłość. Siedlce: Wyd. naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, 2019. P. 291–297. ISBN 978-83-7051-951-3.

42. Grygorieva O., Vergun O., Klymenko S., Zhurba M., Horčinová Sedláčková V., Ivanišová E., Brindza J. Estimation of phenolic compounds content and antioxidant activity of leaves extracts of some selected non-traditional plants // *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 14, 2020, p. 501–509.

43. Grygorieva, O., Klymenko, S., Vergun, O., Fatrcová-Šramková, K., Shelepova, O., Vinogradova, Y., Horčinová Sedláčková, V., Brindza, J. 2021. Studies of the Chemical Composition of Fruits and Seeds of Pawpaw (*Asimina triloba* (L.) Dunal). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 5(1). P. 234–245.

44. Klymenko S., Ilyinska A. Biometric characteristics of *Chaenomeles* spp. cultivars and varieties, introduced in M.M. Gryshko National Botanical Garden of Ukraine // *Book of Abstracts of the 5<sup>th</sup> International Scientific Conference Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development.* – Slovak University of Agriculture in Nitra. 2021. P. 134–147.

45. Maryniuk M. *In Vitro* Antibacterial Activity of Ethanolic Extract Derived from Leaves of *Sansevieria aethiopica* Thunb. (Asparagaceae) / M. Maryniuk, H. Tkachenko, L. Buyun, N. Kurhaluk, A. Góralczyk, W. Tomin, Z. Osadowski // *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*, 2019. Vol. 3. P. 165–177.

46. Maryniuk M., Tkachenko H., L. Buyun L., Kharchenko I., Osadowski Z. Oxidative stress biomarkers in the muscle tissue of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) after *in vitro* treatment of *Sansevieria caulescens* N.E.Br. extract / M. Maryniuk, H. Tkachenko, L. Buyun, I. Kharchenko, Z. Osadowski // *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2018. № 2. P. 111–123.

47. Pavliuchenko N., Klymenko S., Dobroskok V., Krupa S. Allelopathic and biochemical characteristics of the root environment of *Asimina triloba* (L.) Dunal. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*. 2018, vol. 2, P. 321–338.

48. Shcherbakova T.O., Gorobets V.F. Phenological features of the growth and development of Itoh Group peony cultivars in the conditions of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine // *Plant Varieties Studing and Protaction*. 2021. T. 17. № 1. P. 14–20.

49. Tkachenko H., Osadowski Z., Buyun L., Maryniuk M., Kharchenko I. Evaluation of oxidative stress biomarkers levels in the equine blood after *in vitro* treatment with *Sansevieria caulescens* N.E.Br. extract. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*, 2019. №122. P. 30–42. DOI 10.32900/2312-8402-2019-122-30-42.

50. Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Bondarchuk O., Rakhmetova S. Morphometric parameters of plants of *Crambe* spp. during vegetation. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. Vol. 5(2). P. 325–333.



51. Vergun O., Rakhmetov D., Shymanska O., Fishchenko V. Estimation of photosynthetic pigments in the leaves of *Crambe* spp. during vegetation. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2019. № 3. P. 373–381. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.373-38>
52. Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Fishchenko V., Bondarchuk O., Rakhmetova S. Accumulation of nutrients in the raw of *Crambe* L. species. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2019. № 3. P. 323–333. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2019.2585-8246.323-332>
53. Vergun O.M., Rakhmetov D.B., Shymanska O.V., Bondarchuk O.P., Ivanišová E., Kačaniová M., Grygorieva O., Brindza J. Assessment of antioxidant and antimicrobial activities of *Crambe* spp. during vegetation. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2021. Vol. 20 (2). P. 197–211. <https://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2021.0927>
54. Vergun O.M., Rakhmetov D.B., Shymanska O.V., Fishchenko V.V. The accumulation of nutrients in underground parts of plants of genus *Crambe* L. spp. *Plant Introduction*. 2018. Vol. 78(2). P. 3–11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2228725>
55. Zaimenko N.V., Didyk N.P., Pavliuchenko N.A., Kharytonova I.P., Ivanytska B.O., Rositska N.V. Natural silicates mixed with organic fertilizers enhance corn adaptation to salt stress and improve physical characteristics of sandy soil. *Journal of Crop Improvement*. 2018. Vol. 32. № 2. P. 188–207. <https://doi.org/10.1080/15427528.2017.1405856>
56. Zaimenko N.V., Rositska N.V. Role of nanomaterials of analcite, tripoli and silicon dioxide in plants under drought conditions in *Triticum aestivum* L. *Ecologia Balkanica*. 2020. V. 10.1. P. 1–9.
57. Zaimenko H., Didyk H., Ellanska H., Rositska H., Kharytonova I., & Yunosheva O. Implementation of modern technologies to alleviate soil sickness in urban green areas. *Science and Innovation*, 2021. 17(1), P. 64–77. <https://doi.org/10.15407/scine17.01.064>
58. Zaimenko N.V., Ivanytska B.O., Didyk N.P., Kharytonova I.P. Use of Siliceous Minerals as Natural Nitrification Inhibitors. *Biol. Life Sci. Forum*. 2021. Vol. 4. 38. <https://doi.org/10.3390/IECPS2020-08744>

## Тези

59. Бріндза Я., Григор'єва О. Міжнародне співробітництво в галузі збереження та сталого використання агробіорізноманіття для покращання харчування, здоров'я і якості життя. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини* : матер. Міжн. міждисциплінарна науково-практична конф. Ужгород, 2017. С. 93–95.
60. Буйдін Ю.В. Інтродукція представників серії *Hexagonae* підроду *Limniris* (Tausch) Sprach роду *Iris* L. в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища* : Матеріали міжнар. наук. конф. присв. 85-річчю від дня заснув. Нац. бот. саду імені М.М. Гришка НАН України. Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. С. 34–38.
61. Буюн Л.І., Джуренко Н.І., Ковальська Л.А., Маринюк М.М., Гурненко І.В. Вплив водного дефіциту на анатомічну будову листків тропічних орхідей різних екоморфо типів. *Стратегії збереження рослин у ботанічних садах та дендропарках* : матер. Міжнар. наук. конф., присвяченої 90-річчю від дня

народження чл.-кор. НАН України, д.б.н., професора Тетяни Михайлівни Черевченко. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. С. 206–207.

62. Гнатюк А.М., Гапоненко М.Б., Лоя В.В., Гапоненко А.М. Особливості дослідження популяцій *Trifolium rubens* L. в природних фітоценозах. *Проблеми уникнення втрат біорізноманіття Українських Карпат* : Матер. міжнародної наукової конференції, присвяченої 100-річчю від дня народження проф. К. Малиновського (Львів 14–15 травня 2020). Львів, 2020. С. 25–28.

63. Голубкова І.М., Левон В.Ф. Перспективи вирощування терену (*Prunus spinosa* L.) у національному ботанічному саду імені М.М. Гришка. *Генофонд колекцій ботанічних садів і дендропарків – запорука сталих фітоценозів в умовах кліматичних змін* : матер. Міжнар. наук. конфер., присвяч. 150-річчю Ботанічного саду імені академіка В.І. Липського Одеського національного університету імені І.І. Мечникова 19–21 вересня 2017 року. Одеса. С. 37–40.

64. Горобець В.Ф., Щербакова Т.О. Нові міжсекційні гібриди в колекції півоній Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин у реаліях євроінтеграції* : матер. Міжнар. наук.-практ. конфер. присвяченої 100-річчю Національної академії наук України. К.: Ліра-К, 2018. С. 190–191.

65. Горобець В.Ф., Щербакова Т.О. Іто-гібриди – нова група в селекції півоній. *Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, охороні та збереженні рослинного світу* : матер. міжнар. науково-практичної конференції 23–25 квітня 2018 р. Київ : Ліра-К, 2018. С. 105–106.

66. Горобець В.Ф., Щербакова Т.О. Походження сортів півоній Itoh Group. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку* : матер. V Міжнар. науково-практичної конференції (7 червня 2019 р., м. Київ). 2019. С. 27–29.

67. Горобець В.Ф., Щербакова Т.О. Продуктивність квітування півоній Itoh Group під час інтродукції в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища* : матер. міжнар. наук. конфер. присвяченої 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України: Київ: Ліра-К, 2020. С. 223–225.

68. Горобець В.Ф., Щербакова Т.О. Результати інтродукції півоній ІТО-групи (Itoh Group) в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України. *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін* : матер. міжнар. наук. конфер. присвяченої 30-річчю Незалежності України: Київ (Київ, 5–7 жовтня 2021р.): Видавництво Ліра-К. 2021. С. 77–81.

69. Клименко С. Antioxidant activities and phenolic compounds in fruits of *Asimina triloba* (L.) Dunal. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини* : збірник праць XIII Міжнародної міждисциплінарної наук.-практ. конф. / За ред. проф. Т.М. Ганича. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2020. С. 14–19.

70. Клименко С.В. Азими́на трехлопастная (*Asimina triloba* (L.) Dunal): этноботанические аспекты названия, история интродукции и культивирования в Украине. *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні* : матер III Міжнар. наук. конфер., присвячена Міжнародному року здоров'я рослин. Умань, 2020. С. 130–140.

71. Клименко С.В. Нові види плодових рослин в інтродукційних дослідженнях Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Досягнення та концептуальні напрями вирощування малопоширених*

плодово-ягідних культур та переробки їх сировини : збірник матер. Першої Всеук. наук.-практ. конференції, Київ: Інститут садівництва НААН, Видавництво Центр учбової літератури, 2019. С. 9–12.

72. Клименко С.В. Представники роду *Chaenomeles* spp. – цінні плодови, лікарські, декоративні рослини. *Етноботанічні традиції в агрономії, фармації та садовому дизайні* : матер. II Міжнародної наукової конференції присвяченої 210-річчю від дня народження Чарльза Дарвіна. Умань, 2019. С. 99–108.

73. Клименко С.В. Становлення, розвиток і підсумки інтродукційно-селекційних досліджень відділу акліматизації плодових рослин НБС НАН України (1946–2018 рр.). *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин у реаліях* : матер. міжнар. наук.-практ. конфер. присвяченої 100-річчю Національної академії наук України. Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. С. 69–76.

74. Клименко С.В. Українська папая. *Садівництво по-українськи*, № 3(39). 2020. С. 84–92.

75. Клименко С.В., Гончаровська І.В., Кузнецов В.В., Галушко В.М., Антонюк Г.О. Формово-декоративний плодовий сад: видовий склад рослин, біоекологічні основи функціонування, соціальне значення. *Селекційно-генетична наука і освіта* : матер. VII міжнар. наук. конфер., Парієві читання / редкол.: О. О. Непочатенко та ін. Умань : Видавець “Сочінський М. М.”, 2018. С. 91–96.

76. Клименко С.В., Григор’єва О.В., Онищук Л.М. Азиміна трилопатева (*Asimina triloba* (L.) Dunal.) – нова плодова рослина – в умовах Лісостепу України. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)* : Матеріали Міжнародної наукової конференції. Умань : Видавець “Сочінський”. 2017. С. 91–96.

77. Клименко С.В., Григор’єва О.В., Скрипченко Н.В., Кузнецов В.В., Левон В.Ф., Голубкова І.М., Гончаровська І.В., Андрієнко О.О., Книш В.П. Відділ акліматизації плодових рослин національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України: 80 років інтродукційно-селекційних досліджень. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища* : матер. міжнар. наук.-практ. конфер. присвячується 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України, Київ, 2020. С. 111–121.

78. Клименко С.В., Григор’єва О.В., Онищук Л.М. Нові види плодових рослин в інтродукційних дослідженнях Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Флористичне і ценотичне різноманіття у відновленні, збереженні та охороні рослинного світу* : Матеріали матер. міжнар. наук.-практ. конфер., 23–25 квітня 2018 р. Київ : Видавництво Ліра-К, 2018. С. 79–84.

79. Клименко С.В., Кухарська А.З., Григор’єва О.В. Биохимические особенности и лекарственные свойства азимины трехлопастной *Asimina triloba* (L.) Dunal. *Роль метаболомики в совершенствовании биотехнологических средств производства* : Сборник трудов II Международной научной конференции. ФГБНУ ВИЛАР, 2019. С. 107–113.

80. Красненкова І.Л., Іванніков Р.В. Кріозбереження полінаріїв *Paphiopedilum helenae* Aver. (*Orchidaceae* Juss.) *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин у реаліях євроінтеграції* : матер. міжнар. наук.-практ.

конфер., присвяченої 100-річчю НАН України, 9–11 жовтня 2018 р., м. Київ). Київ: Ліра-К. С. 202.

81. Левчик Н.Я., Любінська А.В., Левенко Б.О., Рахметов Д.Б. Досвід збереження різноманіття рослинного світу в умовах *in vitro* НБС імені М.М. Гришка НАНУ. *Збереження біорізноманіття рослинного світу у ботсадах та дендропарках: традиції, сучасність, перспективи (до 230-річчя дендропарку “Олександрія”* : матер. міжнар. наук. конфер. 19–21 вересня 2018 р. Біла Церква: Білоцерківдрук. 2018. С. 259–268.

82. Левчик Н.Я., Любінська А.В., Рахметов Д.Б. Досвід дослідження та введення в культуру *in vitro* рослин роду *Crambe* L. (Brassicaceae). *Біотехнологія XXI століття* : матер. XII Всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ 20 квітня 2018). Київ: імені Ігоря Сікорського, вид-во “Політехніка”, 2018. С. 40.

83. Перебойчук О.П.О., Головачова О.С. Основні аспекти репродуктивної здатності представників роду *Pulsatilla* Mill. в умовах культури в Правобережному Лісостепу України. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку* : матер. III Міжнар. наук.-практ. конфер., присвяченої 15-річчю створення Українського інституту експертизи сортів рослин (7 червня 2017 р., м. Київ). Мін-во аграр. політики та прод. України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. Вінниця : Нілан-ЛТД. 2017. С. 160–161.

84. Перебойчук О.П. Перспективи культивування окремих видів роду *Pulsatilla* Mill. в умовах Правобережного Лісостепу України. *Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин* : матер. IV Міжнар. наук.-практичної internet-конференції (м. Харків, 26–27 листопада 2020 р.). Харків: НФаУ, 2020. С. 190–191.

85. Шиндер О.І. Ергазіофіти в рослинному покриві Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин у реаліях євроінтеграції*: матер. міжнар. наук. конфер., присвяченої 100-річчю НАН України (9–11.10.2018 р.). Київ: Ліра-К, 2018. С. 154–155.

86. Шиндер О.І. Натуралізація інтродукованих деревних рослин у Кіровоградській області (на прикладі дендропарку у с. Новоселиця). *Охорона біорізноманіття та історико-культурної спадщини у ботанічних садах та дендропарках* : матер. міжнар. наук.-практ. конфер., присвяченої 225-річчю заснування Національного дендрологічного парку “Софіївка” НАН України. Умань, 2021. С. 313–318.

87. Шиндер О.І. Нові відомості про флору Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін* : матер. міжнар. наук.-практ. конфер. присвяченої 30-річчю Незалежності України. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021а. С. 62–65.

88. Шиндер О.І., Глухова С.А., Михайлик С.М. Інвазійні і шкодочинні рослини у ботанічних садах і дендропарках: моніторинг, негативний вплив, способи оцінювання. *Збереження рослин у зв'язку зі змінами клімату та біологічними інвазіями* : матер. міжнар. наук.-практ. конфер. (31.03.2021 р.). Біла Церква: Білоцерківдрук. 2021. С. 305–312.

89. Brindza J., Grygorieva O. International cooperation in the Program of Conservation and Using of Agrobiodiversity in the International AgroBioNet network. *Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees*

*Life* : Book of Abstracts of the 4<sup>th</sup> International Scientific Conference Slovak University of Agriculture in Nitra, 2019. P. 74.

90. Brindza J., Grygorieva O. Recognizing and of agrobiodiversity in the activities of the AgroBioNet international network. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин у реаліях євроінтеграції* : матер. міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 100-річчю Національної академії наук України. Київ : Видавництво Ліра-К. 2018. С. 32.

91. Grygorieva O., Klymenko S., Horčinová Sedláčková V., Brindza J. International cooperation of the Department Of Fruit Plants Acclimatization. *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції рослин в умовах глобальних змін навколишнього середовища* : матер. міжнар. наук.-практ. конф. присвячується 85-річчю від дня заснування Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України, Київ. 2020. С. 67–71.

92. Grygorieva O., Klymenko S., Vergun O., Horčinová Sedláčková V. Bioactive compounds in fruits of *Asimina triloba* (L.) Dunal. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини*: збірник праць XIV Міжнародної міждисциплінарної наук.-практ. конф. / За ред. проф. Т.М. Ганича. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”. 2021. С. 8–13.

93. Grygorieva O., Klymenko S., Vergun O., Horčinová Sedláčková V., Mňahončáková E., Zhurba M., Pjinska A., Brindza J. Comparative analysis of phenolic compounds content of leaves extracts of non-traditional fruit plants. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини* : збірник праць XIV Міжнародної міждисциплінарної наук.-практ. конф. / За ред. проф. Т.М. Ганича. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”. 2021. С. 4–8.

94. Grygorieva O., Klymenko S., Vergun O., Piórecki N., Brindza J., Ivanišová E. Biological activity of leaves of non-traditional plants. *Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life* : Book of Abstracts of the 4<sup>th</sup> International Scientific Conference Slovak University of Agriculture in Nitra, 2019. P. 85.

95. Grygorieva O., Klymenko S., Vinogradova Yu., Bieniek A.A., Antoniewska A., Fatrcová-Šramková K., Brindza J. Amino acid profile of leaves of non-traditional fruit plants. *Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of Life and Spiritual Human Development* : Book of Abstracts of the 5<sup>th</sup> International Scientific Conference. Slovak University of Agriculture in Nitra. 2021. P. 57.

96. Horčinová Sedláčková V., Mňahončáková E., Grygorieva O. Comparative analysis of fatty acids content in fruits and leaves of *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach. *Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій*: матер. дев'ятої Міжнародної наук.-практ. конференції. 29–30 червня 2021 р., м. Полтава. РВВ ПДАА. 2021. С. 193–195.

97. Ivanišová E., Grygorieva O., Klymenko S., Vergun O., Mareček J., Brindza J. Content of polyphenols, flavonoids and antioxidant activity of fresh fruits and jellies prepared from different less known fruit species. *Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life* : Book of Abstracts of the 4<sup>th</sup> International Scientific Conference. Slovak University of Agriculture in Nitra. 2019. P. 88.

98. Ivanytska B., Zaimenko N., Didyk N. Effect of siliceous minerals on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Agrobiodiversity for Improvement of Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life* : Book of abstracts of the 4<sup>th</sup> International Scientific Conference (September 11–13, 2019). Nitra. Slovakia. 2019. P. 92.

99. Klymenko S. Bioactive compounds of fruits of the new *Chaenomeles* spp. Cultivars. *Planta+*. *Наука, практика та освіта* : матер. Міжнар. наук.-практ.

Конфер. (Київ, 19 лютого 2021 р.). Електрон. версія. Київ : ПАЛИВОДА А. В. 2021. С. 19–22.

100. Klymenko S. Fruit plants of the world flora in introduction and selection studies in the Forest-Steppe of Ukraine. *Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life* : Book of Abstracts of the 4<sup>th</sup> International Scientific Conference. Slovak University of Agriculture in Nitra, 2019. P. 43.

101. Klymenko S., Grygorieva, O. Organic farming – the most important direction of restoration environmental and human health. *Organic Agriculture for Agrobiodiversity Preservation* : Book of abstracts 3<sup>rd</sup> International Conference Agrobiodiversity. Novi Sad, Serbia, 2017. P. 46.

102. Klymenko S., Illinska A., Grygorieva O. Antioxidant capacity and polyphenols contents in fruits of *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини: збірник праць XIV Міжнар. міждисцип. наук.-практ. конф. / За ред. проф. Т.М. Ганича. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2021. С. 13–17.*

103. Клименко С.В. роль відділу акліматизації плодкових рослин Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка у розвитку теорії і практики інтродукції, акліматизації та селекції плодкових рослин. *Глобальні наслідки інтродукції рослин в умовах кліматичних змін* : матер. міжнар. наук. конфер. присвяченої 30-річчю Незалежності України : Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. С. 38–39.

104. Klymenko S., Kucharska A.Z., Piórecki N. Determination of antioxidant capacity and polyphenols content in fruits of cultivars of *Chaenomeles Japonica* Lindl. Ex Spach. *Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life* : 4<sup>th</sup> International Scientific Conference. Nitra, 2019. P. 98.

105. Klymenko S.V. Underutilized fruit plants in the light of organic farming. *Генофонд колекцій ботанічних садів і дендропарків – запорука сталих фітоценозів в умовах кліматичних змін* : збірник матер. Міжнар. наук. конфер., присвяченої 150-річчю Ботанічного саду імені академіка В.І. Липського Одеського національного університету імені І.І. Мечникова : 19–21 вересня 2017 року. Одеса ОНУ 2017. С. 132–135.

106. Krasnenkova I., Ivannikov R. Morphological and anatomical features of leaves of Cypripedioideae. *Agrobiodiversity for Improve the Nutrition, Health and Quality of Human and Bees Life*: 4th International Scientific Conference, Nitra, Slovakia, 11th–13th September, 2019. Book of abstract. P. 178. <https://doi.org/10.15414/2019.-978805220703>

107. Levchyk N.Ya., Dziuba O.I., Skrypchenko N.V., Liubinska A.V., Rakhmetov D.B. Allelopathic potential of plants of the genus *Crambe* L. *Stress factors & secondary metabolites* : Abstract book Scientific & practical Seminar with international participation. December 11–15. 2017. Kyiv, Ukraine, P. 21.

108. Maryniuk M., Opryshko M., Gyrenko O., Tkachenko H., Kurhaluk N., Buyun L., Góralczyk A. 2020. *In vitro* antibacterial activity of ethanolic extract derived from leaves of *Sansevieria kirkii* Baker (*Asparagaceae*). *Youth and Progress of Biology* : Abstracts of XVI Intern. Scientific Conference for Students and Ph.D. Students, dedicated to the 75<sup>th</sup> anniversary of the faculty of biology of Ivan Franko National University of Lviv and 90<sup>th</sup> anniversary from the birthday of prof. M.P. Derkach (Lviv, April 27–29, 2020). Lviv, 2020. P. 163–164. ISBN 978-617-642-1.

109. Maryniuk M., Tkachenko H., Kurhaluk N., Buyun L., Opryshko M., Gyrenko O., Góralczyk A. 2020. *In vitro* antibacterial activity of ethanolic extract derived from leaves of *Sansevieria aethiopica* Thunb. (*Asparagaceae*) against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Pseudomonas aeruginosa* strains. *Сучасні аспекти створення екстемпоральних алопатичних, гомеопатичних та косметичних лікарських засобів* : матер. IV Міжнар. наук.о-практ. дистан. конфер., 20 березня 2020 року, Національний Фармацевтичний Університет, Харків. P. 15–19.
110. Shymanska O., Vergun O., Rakhmetov D., Bondarchuk O., Rakhmetova S. Morphometric parameters of *Crambe* spp. flowers and fruits. *Agrobiodiversity for improving the nutrition, health and quality of life and spiritual human development* : 5<sup>th</sup> International scientific online conference. 2021. P. 122. <https://doi.org/10.15414/2021.-9788055224015>
111. Rakhmetov D., Vergun O., Rakhmetova S. Fishchenko V. Antioxidant potential of selected oil plants of *Brassicaceae* Burnett. *Agrobiodiversity for improving nutrition, health and life quality*. 2018. № 2. P. 133–139. <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.-2018.2585-8246.133-139>
112. Vergun O., Kačaniová M., Shymanska O., Rakhmetov D., Grygorieva O., Bondarchuk O., Rakhmetova S., Ivanišová E., Brindza J. 2021. Anticandidal activity of *Crambe* spp. raw. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини* : збірник праць XIV Міжнародної Міждисциплінарної науково-практичної конференції. Ужгород: ДВНЗ“УжНУ”. С. 24–27.
113. Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Bondarchuk O., Rakhmetova S., Ivanišová E., Brindza J. Parameters of antioxidant activity of *Crambe* spp. raw. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини* : збірник праць XIV Міжнар. Міждисц. наук.-практич. конфер. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”. 2021. С. 21–24.
114. Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Fishchenko V., Bondarchuk O., Rakhmetova S. Biochemical composition of four species of *Crambe* L. *Agrobiodiversity for improve the nutrition, health and quality of human and bee's life* : 4<sup>th</sup> International scientific conference. 2019. P. 147. <https://doi.org/10.15414/2019.-9788055220703>
115. Vergun O., Shymanska O., Rakhmetov D., Fishchenko V., Bondarchuk O., Rakhmetova S. 2019. Content of photosynthetic pigments in the leaves of *Crambe* L. species. *Agrobiodiversity for improve the nutrition, health and quality of human and bee's life* : 4<sup>th</sup> International scientific conference. P.148. <https://doi.org/10.15414/2019.9788055220703>
116. Zaimenko N., Slyusarenko O., Bedernichek T. Nitrification inhibition by peat enriched with nanoparticles of silicate minerals. *Efficient use of different sources of nitrogen in agriculture – from theory th practice* Skara, Sweden 27 June–29 June 2017. P. 443.

## Патенти

1. Патент України на корисну модель у 2017 06696 Ковальська Н.П., Джан Т.В., Гузьо Н.М., Коновалова О.Ю., Клименко С.В. Спосіб визначення локалізації гідроксикоричних кислот у рослинній сировині за допомогою мікрохімічної реакції (29.06.17).

2. Патент України на корисну модель и 2016 13361 Поспелов С.В., Джан Т.В., Клименко С.В. Спосіб визначення гемаглютинуючої активності лектинів хеномелесу (*Chaenomeles*) (26.12.2016).

3. Патент на корисну модель № 137085 “Суміш для рекультивації ґрунтів і зниження ґрунтової” (Заїменко Н.В., Вачарадзе Б.Л.).

4. Патент на корисну модель № 201907326 “Спосіб експрес-оцінки та прогнозування продуктивності рослин різних ґрунтово-кліматичних умов” (Заїменко Н.В. та ін.).



## ДОДАТКИ

### Додаток А

Поширення та аутоекологічні особливості<sup>1</sup> рослини виду роду *Pulsatilla*, використання в декоративному садівництві світу, оцінка перспективності їх інтродукції в умови культури Лісо-stepу України

Вид	Поширення		Рослинне угрупування	Геліоморфа	Гіпоморфа	Вимоги до ґрунту			Термоморфа / морозостійкість, t °С	Лімітуючі фактори в культурі	Оцінка	
	Флористична область					Тропоморфа	структура	кислотність				
<i>*P. ajacensis</i> Regel & Tiling	Південно-Східний Сибір, Далекий Схід Росії Циркумбореальна		Кам'яниста лісотундра, високогірні луки, узлісся модринових лісів	He	Ms	MsTr	К, Гр, Сп	Ск, Н, Сл	OgT -35°C	Едафо-кліматичні умови	П	
			Північно-Західна Азія Циркумбореальна	Альпійські і субальпійські луки, верхній гірський лісовий пояс; 2200-4200 м. н.р.м.	He	Ms	MsTr, Ca	К, Гр, Сп, Сг,	Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
				Південна, Центральна Європа Циркумбореальна	Альпійські і субальпійські луки, гірські скелясті схили; 900-2700 м. н.р.м.	He	Ms	MsTr, Ca	К, Гр, П, Сп, Сг,	Н, Сл	MsT -29°C	-
<i>*P. ambigua</i> (Turcz. ex Hayek) Juz.	Південно-Західний Сибір, Монголія, Північно-Західний Китай Циркумбореальна Ірано-Туранська		Альпійські і субальпійські луки, узлісся, світлі ліси, петрофітні степи; 2000-3400 м. н.р.м.	ScHe	Ks Ms	MsTr, Ca	К, Гр, П, Сп	Н, Сл	OgT -35°C	-	ВП	

* <i>P. artema</i> Rupr.	Північно-Західна Азія	Альпійські і субальпійські луки, кам'янисто-щебенисті схили; 1000-2900 м. н.р.м.	He	KsMs	MsTr	К, Гр, Сп, Сг	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
	Циркумбореальна									
* <i>P. aurea</i> (N.Busch) Juz.	Західний Кавказ, ендемік	Альпійські і субальпійські луки, чагарники, верхній лісовий пояс, лісові галявини; до 2400 м. н.р.м.	He	Ms	MsTr	К, Гр, Сп	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
	Циркумбореальна									
* <i>P. bungeana</i> C.A. Mey. ex Ledeb.	Алтай, Західна Монголія	Степові кам'янисті схили, тріщинах і на уступах скель, світлі соснові ліси до 2500 м. н.р.м.	ScHe	Ks	MsTr	К, Гр, Сп, Сг	Ск, Н, Сл	OgT -34°C	Структура ґрунту	П
	Циркумбореальна Ірано-Туранська									
* <i>P. campanella</i> Fisch. ex Krylov	Гірські масиви Центральної Азії (Алтай, Тянь-Шань, Паміро-Алай)	Лишайникові тундри, морени, альпійські луки, узлісся ялинових лісів; 1800-3700 м. н.р.м.	ScHe	Ms	MsTr	К, Гр, Сп, Сг	Н, Сл	-OgT -34°C	Структура ґрунту	П
	Ірано-Туранська									
* <i>P. cernua</i> (Thunb.) Burcht. ex J. Presl	Східна Азія	Субальпійські луки, долини гірських річков, дубові рідколісся	ScHe	Ms	MsTr	П, Сп, Гр	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
	Східноазійська									
* <i>P. chinensis</i> (Bunge) Regel	Східна Азія, Маньчжурський ендемік	Рівнинні сухі луки, кам'янисті і лісові схили, рідколісся, узлісся; 200-3200 м. н.р.м.	ScHe	KsMs	EuMsTr	Гр, Сп, Сг	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
	Східноазійська									

<i>*P. dahurica</i> (Fisch. ex DC.) Spreng.	Схід Північної Азії, Східна Азія	Трав'янисті схили річкових долин, прирічкові галечники, еродовані схили доріг	He	Ms	MsTr	Сп, Сг	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
	Циркумбореальна Східноазійська		MsTr Ca	MsTr	Сп, Сг	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП	
<i>P. georgica</i> Rupr.	Закавказзя ендемик	Зрідка субальпійські луки, верхній і середній лісовий пояс	ScHe	Ms Ks	MsTr	Сп, Сг	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
	Циркумбореальна		MsTr Ca	MsTr	Сп, Сг	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП	
<b>**P. grandis</b> Wend.	Центральна, південний захід Східної Європи	Лісостеп, степ, лучно- степові схили, узлісся та галіяни соснових і дубових лісів	ScHe	KsMs	EuMsTr, Ca	Сп, Сг	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
	Циркумбореальна		MsTr Ca	MsTr	Сп, Сг	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП	
<b>**P. Helleri</b> (All.) Willd.	Центральна і Південно- Східна Європа	Альпійські і субальпійські луки, галіяни гірських лісів; 900-3000 м. н.р.м.	ScHe	MsKs	MsTr, Ca	К, Гр, Сп, Сг	Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП
	Циркумбореальна		MsTr Ca	MsTr	Сп, Сг	Н, Сл	MsT -29°C	-	ВП	
<i>P. herbasomnii</i> Stepanov	Східні Саяни, ендемик	Високогірні степи, петрофіт	He	MsKs	MsTr	К, Гр, Сп,	Н, Сл	OgT -34°C	Високогірні едафокліма- тичні умови	П
	Циркумбореальна		MsTr Ca	MsTr	Сп, Сг	Н, Сл	OgT -34°C	Високогірні едафокліма- тичні умови	П	
<i>P. kostyeczewii</i> (Korsh.) Juz.	Середня Азія (Памиро-Алай), ендемик	Середньо- та високо- гірні степи, кам'яни- сті схили, галечники; 2500-3000 м. н.р.м.	He	Ks	MsTr, Ca	К, Гр, Сп,	Н, Сл	OgT -39°C	Вузька екологічна амплітуда, короткий вегетаційний період	ПР
	Ірано-Туранська		MsTr Ca	MsTr	Сп, Сг	Н, Сл	OgT -39°C	Вузька екологічна амплітуда, короткий вегетаційний період	ПР	
<i>P. magadanensis</i> А.Р.Кхохр. & Vorosh.	Північно-охотський ендемик	Гольцеві пустині, щебеністі схили та плато 700-1500 м. н.р.м.	He	MsKs	OgTr, Ca	К, Гр, Сп,	Н, Сл	OgT -39°C	Вузька екологічна амплітуда, короткий вегетаційний період	ПР
	Циркумбореальна		MsTr Ca	MsTr	Сп, Сг	Н, Сл	OgT -39°C	Вузька екологічна амплітуда, короткий вегетаційний період	ПР	

<i>P. millefolium</i> (Hemsl. & E.H. Wilson) Ulbr.	Південно-Західний Китай	Сухі кам'янисті луки, чагарники, дубові ліси, обочини доріг; 2200-3300 м. н.р.м.	ScHe	MsKs	MsTr, Ca	К, Гр, Сп,	Н, Сл	MgMsT -29°C	Високі гріні едафокліматичні умови	П
	Ірано-Туранська		MsKs	MsTr, Ca	К, Гр, Сп,	Н, Сл	MgMsT -23°C	–	ВП	
** <i>P. montana</i> (Nopp) Rehb.	Центральна, Південна Європа (Альпи, Балкани, Карпати)	Субальпійські сухі кам'янисті луки, соєнові рідколісся, чагарники, гірські долини; 100-2200 м. н.р.м.	ScHe	Ks	OgMsTr, Ca	К, Гр, Сп,	Н, Сл	MgMsT -23°C	–	ВП
	Циркумбореальна		Ms	OgMsTr	К, Гр	Н, Сл	OgT -39°C	Вулканічний ґравій	ПР	
<i>P. nipponica</i> (Takeda) Ohwi	Японія, ендемік Східноазійська	Гравійно-альпійські луки;	He	Ms	MsTr	К, Гр, Сп,	Н, Сл	OgT -39°C	–	ВП
	Південно-Західна Північна Америка	Вологі альпійські, субальпійські луки, кам'янисті схили, узлісся хвойних лісів; 500-3700 м. н.р.м.	He	Ms	MsTr	К, Гр, Сп,	Н, Сл	OgT -39°C	–	ВП
* <i>P. occidentalis</i> (S. Watson) Freyn	ЦиркумбореальнаОбласть скелястих гір, Мадреанська	Степи, луки, березові, соєнові, змішані ліси, кам'янисті схили	ScHe	MsKs	EuMsTr	К, П, Сп, Сг	Ск, Н, Сл	OgT -39°C	–	П
	Південно-Східний Сибір	Степи, луки, березові, соєнові, змішані ліси, кам'янисті схили	ScHe	MsKs	EuMsTr	К, П, Сп, Сг	Ск, Н, Сл	OgT -39°C	–	П
<i>P. orientalis-sibirica</i> Stepanov	Циркумбореальна	Субальпійські луки, сухі рівнинні луки, степи, соєнові, соєново-дубові, соєново-березові ліси, узлісся, галявини, вапнякові схили, вересовища, узбіччя доріг	ScHe	KsMs	OgMsTr, Ca	П, Сп	Ск, Н, Сл	OgMsT -34°C	–	ВП
	Північна, Центральна, Східна Європа, Сибір, північний захід Північної Америки	Степи, соєнові, соєново-дубові, соєново-березові ліси, узлісся, галявини, вапнякові схили, вересовища, узбіччя доріг	ScHe	KsMs	OgMsTr, Ca	П, Сп	Ск, Н, Сл	OgMsT -34°C	–	ВП
** <i>P. patens</i> (L.) Mill.	Циркумбореальна	Степи, соєнові, соєново-дубові, соєново-березові ліси, узлісся, галявини, вапнякові схили, вересовища, узбіччя доріг	ScHe	KsMs	OgMsTr, Ca	П, Сп	Ск, Н, Сл	OgMsT -34°C	–	ВП

* <i>P. pratensis</i> (L.) Mill.	Центральна, Південно-Східна Європа	Субальпійські луки, сухі рівнинні луки, степи, соснові ліси, узлісся, галявини, вапнякові та камянисто-щербисті схили, схили; 300-2100 м. н.р.м.	ScHe	MsKs	OgMsTr Ca	П, Сп	Ск, Н, Сл	MsT -29°C	Бідні речовинами грунти, негативно реагують на підживлення	ВП
	Циркумбореальна									
<i>P. reverdattoi</i> Polozhij & A.T.Malzeva	Хакасія, ендемік	Скелясті степові схили; до 800 м. н.р.м.	He	MsKs	MsTr, Ca	К, Гр, Сп,	Н, Сл	OgT -39°C	вулканічні породи	ПР
	Циркумбореальна									
* <i>P. rubra</i> (Lam.) Delarbre	Південно-Західна Європа, ендемік	Субальпійські луки, узлісся, поляни; 400-1500 м. н.р.м.	He	Ms	MsTr	Гр, Сп,	Ск, Н	MgMsT -23°C	-	ВП
	Циркумбореальна									
<i>P. sachalinensis</i> Hara	Південно-сахалінський ендемік	Трищини приморських скель	He	KsMs	OgTr	К	-	OgMsT -34°C	Поширений на певних гірських породах	ПР
	Східноазійська									
<i>P. scherfelii</i> (Ullер.) Skalicky	Центральна Європа (Альпи, Балкани, Карпати)	Альпійські, субальпійські луки, кам'янисті осипища 1700-2000 м. н.р.м.	He	Ms	OgTr, Ca	К, Гр, Сп,	Н, Сл	MsT -29°C	Вузька еколого ценотична амплітуда	П
	Циркумбореальна									
<i>P. sikaczewii</i> Juz.	Східний Сибір, Північно-Східний Китай	Гравійні схили пагорбів, сухі пісчані луки; 200-400 м. н.р.м.	He	MsKs	MsTr	Гр, П, Сп	-	OgMsT -34°C	-	П
	Циркумбореальна									
<i>P. taraii</i> (Makino) Takeda ex Zamelis & Paegle	Східноазійська	Під гольцями і гольцями кам'янисті схили та приморські	He	Ms	MsTr	К, Гр, П, Сп	-	OgT -39°C	Вузька екологічна амплітуда	ПР
	Південь Курильських островів, північ Японії, ендемік									

	Східноазійська	луки; 1000-1300 м. н.р.м.	He	KsMs	MsTr, Ca	К, Гр, П, Сп	Н, Сл	OgT -39°C	Вузька екологічна амплітуда	ПР
<i>P. tatewakii</i> Kudō	Сахалін, ендемік	кам'янистих та щебенистих	He	KsMs	MsTr, Ca	К, Гр, П, Сп	Н, Сл	OgT -39°C	Вузька екологічна амплітуда	ПР
	Циркумбореальна Східноазійська	різнотравних схилах, морських терасах, від річкових долин до гірських вершин								
<i>P. taurica</i> Juz.	Гірський Крим, ендемік	Петрофітні степи, узліся та галіявини соснових і дубових лісів;	ScHe	MsKs	MsTr, Ca	К, Гр, П, Сп	Н, Сл	MsT -29°C	Структура грунту	ВП
	Циркумбореальна	700-1200 м. н.р.м.								
<i>P. tenuiloba</i> (Науек) Juz.	Південний Сибір, Монголія, Північно-Західний Китай	Петрофітні степи, сухі кам'янисті луки	He	MsKs	MsTr, Ca	К, Гр, П, Сп	Н, Сл	OgT -39°C	–	П
	Циркумбореальна Ірано-Туранська									
<i>P. tongkangensis</i> Y.N.Lee & T.C.Lee	Південна Корея, ендемік	Щільні в гірських скалах;	He	KsMs	OgMsTr Ca	К, Гр	Н, Сл	MgMsT -23°C	Вузька екологічна амплітуда	ПР
	Східноазійська	220-900 м. н.р.м.								
* <i>P. turczaninowii</i> Kryl ov & Serg.	Центральний Південний Сибір, Монголія, Північно-Східний Китай	лісопостепова зона, степові луки, узліся, галіявини соснового лісу, кам'янисті схили	ScHe	Ks	OgMsTr	К, Гр, П, Сп	Ск Н, Сл	OgT -39°C	–	ВП
	Східноазійська									
<i>P. usensis</i> Stepanov	Західні Саяни	Петрофітні степи, сухі кам'янисті луки	He	Ms Ks	MsTr, Ca	К, Гр, Сп	Н, Сл	OgT -39°C	Високігірні едафокліма- тичні умови	ПР
	Циркумбореальна									

* <i>P. vermalis</i> (L.) Mill.	Європа (гірські райони)	Альпійські, субальпійські луки, чагарники, соснові ліси, печані луки; 1300-3600 м. н.р.м.	ScHe	Ms	OgMsTr	Гр, Сп, Сг	Ск Н	OgMsT -34°C	-	ПР
	Циркумбореальна									
<i>P. violacea</i> Rupr.	Кавказ, Турція, північ Ірану	Альпійські, субальпійські луки, скелясті виступи, верхній лісовий пояс	He	MsKs	OgMsT Ca	К, Гр, Сп	Н, Сл	MgMsT -23°C	-	П
	Циркумбореальна Ірано-Туранська	Чагарники, узлісся; 2000-3000 м. н.р.м.								
** <i>P. vulgaris</i> Mill.	Центральна і Західна Європа	Соснові ліси, сухі кам'янисті луки	ScHe	MsKs	OgMsTr Ca	Гр, П, Сп	Н, Сл	MsT -23°C	-	ВП
	Циркумбореальна	500-1200 м. н.р.м.								
<i>P. wallichiana</i> (Royle) Ulbr.	Західні Гімалаї, ендемік	Альпійські кам'янисті луки, в тріщинах скель;	He	MsKs	MsTr	К, Гр, Сп	Н, Сл	OgMsT -34°C	Високогірні едафокліматичні умови	ПР
	Ірано-Туранська	3000-3900 м. н.р.м.								
* <i>P. zimmermannii</i> Soó	Центральна Європа, Східно-паннонський ендемік	Степові і лісові схили, чагарники, узлісся, галявини дубових лісів;	He	MsKs	MsTr, Ca	П, Сп	Н, Сл	MgMsT -23°C	-	ВП
	Циркумбореальна	200-300 м. н.р.м.								

Примітки: 1. З урахуванням екологічних вимог видів у культурі та культиварів;

2. \* – використовуються як квітніководекоративні рослини, \*\* – у декоративному садівництві урізноманітнені соргани;

3. Екоморфи (за А.Л. Бельгардом, Н.М. Матвеевим): He – геолофіти, ScHe – сциогелофіти, Ms – мезофіти, KsMs – ксеромезофіти (свіжувати), MsKs – мезоксерофіти (сухувати), Ks – ксерофіти, OgTr – оліготрофи, MsTr – мезотрофи, EuMsTr – еумезотрофи, OgMsTr – олігомезотрофи, OgT – оліготерми, OgMsT – олігомезотерми, MsT – мезотерми, MgMsT – метамезотерми, Ca – кальцефіли;

4. П – піщаний, Сп – супіщаний, Сг – суглинок, Гр – гравійний, К – кам'янистий;

5. Ск – слабокислі, Н – нейтральні, Сл – слабкодужні; 6. ВП – високоперспективні, П – перспективні, ПР – проблемні.



1



2



3



4



5



6

**Інтродуковані види роду *Pulsatilla***  
**у Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка:**  
1. *P. ambigua*, 2. *P. campanella*, 3. *P. grandis*, 4. *P. montana*, 5. *P. vulgaris*,  
6. *P. nigricans*



**Комплексна інтродукційна оцінка представників підроду *Limniris*  
роду *Iris* колекції НБС НАНУ (у балах)**

Сорт	Зимостійкість	Формування габітусу та розмір рослини	Насінне розмноження	Вегетативне розмноження	Стійкість до хвороб	Посухоустійкість	Сума, балів	Успішність інтродукції
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>I. sibirica</i> `Elegance And Simplicity`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Emily Anne`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Fond Kiss`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `So Be It`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Over In Gloryland`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Vals Katuni`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Bliki`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Jewelled Crown`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Super Ego`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Caesar Brother`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> `Butter And Sugar`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. sibirica</i> f. <i>alba</i> L.	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. versicolor</i> `Candy Striper`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Ipon a Heart`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Molfar`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Meganome`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Veles`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Mahogany Lord`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Moldova`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Lenkoran`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Frigia`	2	2	3	3	3	3	16	ВП
<i>I. spuria</i> `Peak Alone`	2	2	3	3	2	3	15	П
<i>I. sibirica</i> `Viel Crème`	1	2	3	3	3	3	15	П
<i>I. sibirica</i> `Prophets Kiss`	1	2	3	3	3	3	15	П
<i>I. sibirica</i> `Blue King`	1	2	3	3	3	3	15	П
<i>I. x Louisiana</i> `Declassee`	2	2	3	2	3	3	15	П
<i>I. x Louisiana</i> `Simply Irresistible`	2	2	3	2	2	3	14	П
<i>I. x Louisiana</i> `Wizard of Aussie`	2	1	3	2	3	3	14	П

<i>I. sibirica</i> `Riverdance`	2	2	0	3	3	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `Here Be Dragons`	2	2	0	3	3	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `White Swirl`	2	2	0	3	3	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `Heartwave`	2	2	0	3	3	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `Off She Goes`	2	2	0	3	3	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `Linda Mary`	2	2	0	3	3	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `Blueberry Fire`	2	2	0	3	3	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `Dreaming Yellow`	1	2	3	2	2	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `Francos Debal`	1	2	3	2	2	3	13	П
<i>I. x Louisiana</i> `Bound For Glory`	2	1	3	2	2	3	13	П
<i>I. x Louisiana</i> `Oh Happy Day`	1	1	3	2	3	3	13	П
<i>I. sibirica</i> `Bells And Whistles`	1	2	0	3	3	3	12	П
<i>I. spuria</i> `Lavender Waves`	2	2	0	2	3	3	12	П
<i>I. x Louisiana</i> `Hollywood Ending`	2	2	0	2	3	3	12	П
<i>I. x Louisiana</i> `Inn-Keeper`	2	2	0	2	3	3	12	П
<i>I. x Louisiana</i> `For Dad`	2	1	0	3	3	3	12	П
<i>I. x Louisiana</i> `Mad About You`	1	2	0	3	3	3	12	П
<i>I. x Louisiana</i> `Crème Freeze`	1	1	3	2	2	3	12	П
<i>I. sibirica</i> `Uncorked`	1	1	0	3	3	3	11	МП
<i>I. x Louisiana</i> `Little Ruby Slippers`	2	2	0	2	2	3	11	МП
<i>I. x Louisiana</i> `Our Dorothy`	2	2	0	2	2	3	11	МП
<i>I. x Louisiana</i> `Elaine's Wedding`	2	1	0	3	2	3	11	МП
<i>I. spuria</i> `Sunrise In Senora`	1	1	0	2	2	3	9	МП
<i>I. x Louisiana</i> `Hail Mary`	1	1	0	2	2	3	9	МП

Примітка: НП – не перспективні; МП – малоперспективні; П – перспективні.



1



2



3



4



5



6

**Інтродуковані сорти Сибірських ірисів підроду *Limniris* роду *Iris*  
в Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка:**

1. 'Prophets Kiss', 2. 'Here Be Dragons', 3. 'Dreaming Yellow', 4. 'Cape Cod Boys',  
5. 'Heartwave', 6. 'Emily Anne'

Додаток В

Характеристика інтродукованих сортів півоній Іто-групи в колекції  
Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України

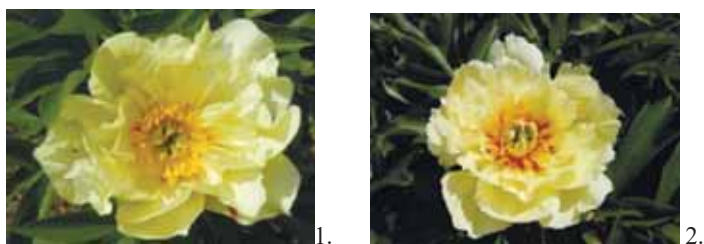
№ п/п	Назва сорту	Автор та рік реєстрації	Генезис	Декоративні ознаки квітки: форма, колір та його номер, рисунок
1	‘Bartzella’	Anderson, R. F., 1986	гібрид Lactiflora Gp з білою махровою квіткою × гібрид Suffruticosa Gp (D.Reath)	Махрова. Жовтий (2С). Основи пелюсток і приймочка червоні (47С)
2	‘Border Charm’	Hollingsworth, 1984	гібрид Lactiflora Gp × ‘Alice Harding’ Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Жовтий (2С). Основи пелюсток мають широку червону пляму (47В)
3	‘Callie’s Memory’	Anderson, R. F., 1999	‘Martha W.’ Lactiflora Gp × гібрид Suffruticosa Gp	Напівмахрова. Жовто-кремовий (2D). Основи пелюсток та тичинкові нитки темно-пурпурово-червоні (60А)
4	‘Cora Louise’	Anderson, R. F., 1986	гібрид Lactiflora Gp з білою махровою квіткою × гібрид Suffruticosa Gp (D.Reath)	Напівмахрова. Білий (155D). Основи пелюсток і тичинкові нитки лавандово-пурпурові (72А)
5	‘First Arrival’	Anderson, R. F., 1986	‘Martha W.’ Lactiflora Gp × гібрид Suffruticosa Gp (D.Reath)	Напівмахрова. Рожево-лавандовий (75D). Основи пелюсток і пиляки пурпурові (72А). Приймочка пурпура (59В)
6	‘Garden Treasure’	Hollingsworth, 1984	гібрид Lactiflora Gp × ‘Alice Harding’ Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Жовтий (2С). Основи пелюсток і приймочка червоно-рожеві (51С). Тичинкові нитки і пиляки оранжеві
7	‘Hillary’	Anderson, R. F., 1990	Іто-гібрид ‘Bartzella’	Напівмахрова. Суміш жовто-червоного забарвлення. Основи пелюсток, штрихи та тичинкові нитки червоні (59В)
8	‘Julia Rose’	Anderson, 1989	Батьківський компонент невідомий	Напівмахрова. Лососево-рожевий. Центр червоний (59В). Забарвлення змінюється під час квітування від рожевого до кремово-лососевого.
9	‘Kopper’	Anderson,	‘Martha W.’ Lactiflora	Напівмахрова, махрова.

	Kettle'	R.F., 1999	Gp × 'Golden Era' Lutea Hybrid Gp	Комбінаційне червоне, жовте, оранжеве забарвлення
10	'Lollipop'	Anderson, R. F., 1999	Гібридний сіянець D 79 × гібридний сіянець (Anderson, R.F.)	Напівмахрова. Махрова. Жовтий. Основи пелюсток червоні (59B), штрихи пурпурові
11	'Morning Lilac'	Anderson, R. F., 1999	'Martha W.' Lactiflora Gp × 'Golden Era' Lutea Hybrid Gp	Проста, напівмахрова. Бузковий (72B). Основи пелюсток і тичинкові нитки темно-фіолетові (59A). Приймочка світло-пурпура (63B)
12	'Old Rose Dandy'	Laning, 1993	Батьківські форми невідомі.	Напівмахрова. Жовто-кремовий (11C). Основи пелюсток пурпурово-рожеві (58A)
13	'Pastel Splendor'	Anderson, R. F./ Seidl, Wm, 1996	'Martha W.' Lactiflora Gp × Saunders F2 A	Проста, напівмахрова. Рожево-жовтий (4C). Центр квітки темно-пурпуровий (59A), штрихи рожево-пурпурові (71C)
14	'Prairie Charm'	Hollingsworth, 1992	'Miss America' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Жовтий (2C). Приймочка жовта (2D). Основи пелюсток червоно-пурпурові (60A)
15	'Scarlet Heaven'	Anderson, R. F, 1999	'Martha W.' Lactiflora Gp × деревоподібний 'Thunderbolt' Lutea Hybrid Gp	Проста. Пурпурово-червоний (61A). Основи пелюсток темно-пурпурово-червоні (87C)
16	'Sonoma Apricot'	Tolomeo, 1999	гібрид Lactiflora Gp × 'Golden Era' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Жовто-абрикосовий (2D). Основи пелюсток та приймочка червоні (60A)
17	'Sonoma Velvet Ruby'	Tolomeo, 1999	гібрид Lactiflora Gp × гібрид Suffruticosa Gp	Напівмахрова. Темно-червоний (60A).
18	'Viking Full Moon'	Pehrson / Seidl, 1989	гібрид Lactiflora Gp × гібрид Lutea Gp	Проста. Світло-жовтий. Основи пелюсток червоні
19	'White Emperor'	Seidl, 1989	'Yellow Emperor' Itoh Gp	Напівмахрова. Білий (155A). Основи пелюсток рожево-білі. Приймочка і тичинки жовті (2C)
20	'Yankee Doodle'	Smith, D. R. 2002	'Martha W.' Lactiflora Gp × 'Golden Era'	Махрова. Пелюстки, приймочка і

	Dandy'		Lutea Hybrid Gp	тичинкові нитки лавандово-пурпурові (186А). Основи пелюсток пурпурові (187А)
21	'Yellow Crown'	Itoh/Smirnow, 1974	'Kakoden' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Махрова. Жовто-лимонний (1С). Основи пелюсток світло червоні
22	'Yellow Dream'	Itoh/Smirnow, 1974	'Kakoden' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Махрова. Жовтий (2С). Основи пелюсток світло-червоні (47А). Штрихи пурпурові (72В). Тичинкові нитки і пиляки оранжево-жовті
23	'Yellow Emperor'	Itoh/Smirnow, 1974	'Kakoden' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Махрова. Яскраво-жовтий (11С). Основи пелюсток блідо-червоні
24	'Yellow Heaven'	Itoh/Smirnow, 1974	'Kakoden' Lactiflora Gp × 'Alice Harding' Lutea Hybrid Gp	Напівмахрова. Махрова. Жовтий (2С). Основи пелюсток і тичинкові нитки світло-червоні (58А)
25	'Yellow Waterlily'	Anderson, R. F., 1999	'Martha W.' Lactiflora Gp × гібрид Suffruticosa Gp	Напівмахрова. Жовтий (2С) з лавандовими штрихами.



**В.1.** Сорти Itoh Group Р. Андерсона колекції півоній Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка: 1. 'Bartzella', 2. 'Cora Louise', 3. 'Lollipop', 4. 'Hillary', 5. 'Scarlet Heaven', 6. 'Morning Lilac'



**В.2 .** Сорти Т. Іто: 1. 'Yellow Dream', 2. 'Yellow Emperor', колекції півоній Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка



**В.3.** Сорти Д. Холлінгсвута та І. Толмео: 1. 'Garden Treasure', 2. 'Prairie Charm', 3. 'Sonoma Apricot', 5. 'Sonoma Velvet Ruby' колекції півоній Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка

*Наукове видання*

# **СТІЙКІСТЬ ІНТРОДУКОВАНИХ ТА РІДКІСНИХ РОСЛИН ЗА УМОВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН В УКРАЇНІ**

**Монографія**

**АВТОРСЬКИЙ КОЛЕКТИВ:**

Баранський О.Р.,  
Бондарчук О. П.,  
Буйдін Ю.В.,  
Буюн Л.І.,  
Вергун О. М.,  
Гапоненко М.Б.,  
Гиренко О.Г.,  
Гнатюк А.М.,  
Голубкова І.М.,  
Горобець В.Ф.,  
Григор'єва О.В.,

Гурненко І.В.,  
Дзюба О.І.,  
Дідик Н.П.,  
Заїменко Н.В.,  
Іваницька Б.О.,  
Іванніков Р.В.,  
Іваннікова Н.С.,  
Клименко С.В.,  
Ковальська Л.А.,  
Красненкова І.Л.,  
Левон В.Ф.,  
Левчик Н. Я.,

Лоя В.В.,  
Любінська А. В.,  
Маринюк М.М.,  
Мельник В.І.,  
Перебойчук О.П.,  
Рахметов Д.Б.,  
Рахметова С.О.,  
Фіщенко В. В.,  
Шиманська О.В.,  
Шиндер О.І.,  
Щербакова Т.О.

**Відповідальні редактори:**

професор *Д.Б. Рахметов*,  
чл.-кор. НАН України *Н.В. Заїменко*  
Літературний редактор *А.Л. Фінчук*  
Технічний редактор *С.О. Рахметова*  
Коректор *О.П. Бондарчук*



Керівник видавничого проєкту *В.І. Зарицький*  
Комп'ютерний дизайн *О.П. Щербина*

Підписано до друку 12.12.2022. Формат 70x100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Умовн. друк. аркушів – 26,48. Обл.-вид. аркушів – 25,84.  
Тираж 300

Видавець і виготовлювач: ТОВ «Видавництво Ліра-К»  
Свідоцтво № 3981, серія ДК.  
03142, м. Київ, вул. В. Стуса, 22/1  
тел./факс (044) 247-93-37; (050) 462-95-48  
Сайт: [lira-k.com.ua](http://lira-k.com.ua), редакція: [zv\\_lira@ukr.net](mailto:zv_lira@ukr.net)