

УДК 58.036.5 (58.085) : 582.711.71 (712.41)

ОЦІНКА РІВНЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ МОРОЗОСТІЙКОСТІ ОКРЕМИХ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ РОСЛИН РОДИНИ *Rosaceae* Juss.

А.І. Бабицький*, О.І. Китаєв**, Н.М. Трофименко***, кандидати біологічних наук
І.П. Григорюк*, член-кореспондент НАН України*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Інститут садівництва НААН України

***Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України

Наведено результати системного аналізу процесів утворення льоду в тканинах однорічних пагонів 11 видів рослин з 6 родів родини *Rosaceae* Juss. у зв'язку з їхньою потенційною морозостійкістю. Встановлено ступінь пошкодження тканин низькими температурами — -10, -20 і -30 °С. Визначено особливості функціонування процесів льодоутворення та міграції його фронту в тканинах однорічних пагонів рослин.

Вступ. Зимостійкість деревних рослин — одна з основних біологічних ознак, яка визначає механізми пристосування рослин до нових умов у процесі інтродукції. Визначальним компонентом зимостійкості інтродуцентів є морозостійкість, адже навіть короточасна дія сильних морозів може спричинити суттєві пошкодження або повну загибель рослин. Ступінь морозостійкості тісно пов'язаний зі змінами стану води та процесом льодоутворення в тканинах деревних рослин [2]. Така особливість морозостійкості визначає рівень гетерогенних пошкоджень рослин у зимовий період, зумовлених переважно механічною дією льоду, що утворюється в клітинах і розриває протопласти, або міграцією фронту льодоутворення в міжклітинниках, присисна дія якого спричиняє вихід води з клітин, а, отже, їхнє пошкодження внаслідок дегідратації (так зване "зимове підсихання" пагонів) [3]. Тому визначення рівня потенційної морозостійкості є одним із ключових етапів первин-

ного інтродукційного випробування деревних рослин.

Матеріали та методи дослідження. Об'єктом дослідження слугували 11 видів азійських деревних інтродуцентів родини *Rosaceae* Juss.: *Exochorda giraldii* Hesse; *E. racemosa* (Lindl.) Rehd.; *E. korolkovii* Lav.; *E. tianschanica* Gontsch.; *E. × macrantha* (Lemoine) Schneid.; *Kerria japonica* (L.) DC.; *Photinia villosa* DC.; *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Kom.; *Rhodotypos kerrioides* Sieb. et Zucc.; *Stephanandra incisa* (Thunb.) Zbl.; *S. tanakae* Franch. et Sav. Потенційну морозостійкість рослин визначали в період глибокого спокою (друга декада січня) методом прямого проморожування однорічних пагонів з подальшим аналізом рівня ушкодження тканин із застосуванням анатомо-мікроскопічних і гістологічних досліджень, диференційного термічного аналізу та люмінесцентної мікроскопії. Отримані результати оцінки рівня потенційної морозостійкості порівнювали з даними польової (фактичної) зимостійкості, яку оцінювали за 8-бальною шкалою [11].

Пряме проморожування пагонів проводили в лабораторії сектора фізіології плодів рослин Інституту садівництва НААН України за загальноприйнятою при інтродукції рослин методикою [12] під час глибокого спокою рослин у другій декаді січня. Режим проморожування контролювали за допомогою 9-ти спеціально сконструйованих датчиків термоопору, які підключали до електричного термометра Щ-455 [4].

До анатомічного аналізу рівня ушкодження тканин рослинні зразки зберігали впродовж 2–3 тижнів у холодному приміщенні в закритих поліетиленових пакетах. Поперечні зрізи пагонів виготовляли за допомогою мікротома і ставили на предметні скельця у гліцерин і розташовували по одному поперечному зрізу з верхньої і середньої частин пагона через міжвузля та одному поздовжньому через бруньку, які розглядали під мікроскопом МБС-10. За зміною забарвлення тканин після проморожування визначали рівень ушкодження кори, камбію, деревини та серцевини рослин.

Ступінь ушкодження тканин оцінювали за 6-бальною шкалою: 0 – ушкоджень немає (0 %); 1 – незначна зміна забарвлення, ушкоджено до 20 % тканини; 2 – середнє ушкодження тканини (40 %); 3 – сильне ушкодження тканини, чітко спостерігається побуріння межі тканини з іншими (60 %); 4 – дуже сильне ушкодження тканини: вона вся побуріла, межі з іншими тканинами чорні (80 %); 5 – повна загибель тканини, яку в окремих випадках неможливо відокремити від іншої (100 %).

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом коефіцієнтів [4]. Для камбію, як найважливішої репараційної тканини, коефіцієнт становив 8, кори – 6, деревини – 4 і серцевини – 2. Сума емпіричних коефіцієнтів дорівнювала 20, що за умов перемноження з вищим балом ушкодження окремої

тканини (5,0) дорівнює 100. Таким чином, умовно можна вважати стопроцентну загибель зразка за наявності повного ушкодження тканин, незначний ступінь пошкодження яких прослідковується за величини коефіцієнта менше 10, середній – від 10 до 40, сильний – 40 до 75 і дуже сильний – більше 75.

Характер процесів льодоутворення в однорічних пагонах рослин встановлювали шляхом диференційного термічного аналізу (ДТА) за модифікованою методикою [5, 9] з використанням спеціально створеного для ДТА приладу. У приладі датчиками температури слугували три хромель-копелеві термопари з діаметром 0,3 мм в спеціальній ізоляції. Одну термопару вводили в серцевину пагона на глибину 10–12 мм, другу – в зразок порівняння, третю використовували для вимірювання температури в камері охолоджувача.

Для аналізу льодоутворення брали частини пагонів завдовжки 3 см, діаметром 3,0–4,5 мм та масою 460–500 мг з корою. Під час аналізу зразки охолоджували у двокаскадному напівпровідниковому мікроохолодильнику типу ТЛМ-2. Температуру в камері знижували з постійною швидкістю $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ у діапазоні $+10\text{...}-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таке підключення термопар дозволяло достовірно вимірювати відміни температур між зразком та еталоном у процесі льодоутворення після короткотермінового охолодження.

Водночас встановлювали анатомічні особливості будови тканин однорічних пагонів азійських інтродуцентів у зв'язку з їхньою потенційною морозостійкістю. Як зразки обирали цілком сформовані, дерев'яні однорічні пагони з середньої частини крони. Зрізи робили у верхній частині пагонів. Препарати розглядали під люмінесцентним мікроскопом "ЛЮАМ – І4" за збільшення 5×10 . Живі тканини відсвічувались червоним кольором, а мертві – зеленим, причому пігментовані стінки клі-



тин люмінесціювали жовто-зеленим кольором, а яскраво жовтого забарвлення набували тканини з високим вмістом антрахінонів і флавоноїдів, що обумовлюють жовту люмінесценцію.

Польову (фактичну) зимостійкість азійських деревних інтродуцентів визначали за 8-бальною шкалою [11]: 1 – рослина зимостійка (перезимувала без пошкоджень); 2 – обмерзли кінці однорічних пагонів; 3 – однорічні пагони обмерзли повністю; 4 – обмерзли 2-річні пагони; 5 – обмерзли 3-річні пагони; 6 – обмерзли пагони до рівня снігового покриву; 7 – обмерзли пагони до кореневої шийки; 8 – рослина загинула від морозу.

Результати досліджень та їх обговорення. Дослідження анатомічних зрізів проморожених пагонів азійських кущових інтродуцентів родини *Rosaceae* показало, що найчутливішими до дії від'ємних температур є верхівка пагона та бруньки. Середина пагонів пошкоджувалася значно менше (табл.).

Контрольний варіант дослідних рослин в природних умовах, за яких денні температури в межах Києва у другій декаді січня не опускалися нижче -10°C , показав, що окремі зразки пошкоджуються сильніше. Так, незначний рівень ушкодження був притаманний рослинам видів *E. racemosa*, *E. korolkovii*, *E. tianschanica*, *E. × macrantha*, *E. giraldii*, *R. kerrioides*, *K. japonica* та *P. villosa*, коефіцієнт ураження яких коливався в межах від 10,2 до 16,1 балів. У рослин *P. sinensis* (контроль) постраждали верхівки пагонів і бруньки, однак лише середня частина пагонів була незначно ушкоджена. Найінтенсивніше пошкодження пагонів виявлено в представників роду *Stephanandra*. Його рівень не опускався нижче середнього показника навіть для їхніх середніх частин, причому коефіцієнт пошкодження верхівок у *S. incisa* в контролі складав 22,4 бали (рис. 1).

У варіанті з проморожуванням за температури -25°C коефіцієнт пошкодження тканин пагонів, порівняно з контролем, значно зростає (табл. 1). Найінтенсивнішого ушкодження тканин зазнавали верхівки пагонів рослин *E. racemosa*, *P. villosa*, *S. incisa* та *S. tanakae* (40,4–62,2 бали). Значно менше в цьому варіанті проморожування постраждала середня частина пагонів (11,2–18,4 бали), проте у рослин *P. villosa* його величини досягли середнього показника (38,4 бали). У представників роду *Stephanandra* коефіцієнти ушкодження цієї зони були також середніми (22,2 бали у *S. incisa* та 30,8 у *S. tanakae*). Вищий коефіцієнт пошкодження бруньок після їхнього проморожування за температури -25°C був характерний для *P. villosa* (43 бали). Значно постраждали також бруньки *S. incisa* і *S. tanakae* порівняно з іншими рослинами (пошкодження середнього рівня – 24,3–34,2 бали).

За проморожування пагонів деревних видів рослин за температури -30°C відстежувалось посилення ушкоджень тканин. Лише у *P. villosa* порівняно з попереднім варіантом дослідження пошкодження були менш значними (табл. 1). У цьому варіанті найсильніше постраждали верхівки пагонів *E. racemosa*, *E. korolkovii*, *S. incisa*, *S. tanakae* (рис. 2), *E. tianschanica* та *E. × macrantha* (52,2–73,2 балів). У інших рослин значення коефіцієнта ушкодження дорівнювало або незначно перевищувало середні показники (від 24,4 до 43,2 балів). Бруньки після проморожування за температури -30°C постраждали менше порівняно з верхівками пагонів, причому коефіцієнти ушкодження не перевищували середнього показника. Середина пагона виявилась найстійкішою у рослин *P. sinensis* та *K. japonica* (15,2–16,6 бали). Суттєве пошкодження середніх частин пагонів у цьому варіанті дослідження визначено нами для рослин *S. tanakae* та *E. × macrantha* (48,4 та 42,6 бали).



Таблиця 1. Пошкодження однорічних пагонів азійських деревних інтродуцентів родини *Rosaceae* після прямого проморожування та бали їхньої зимостійкості за шкалою С.Я. Соколова

Вид	Варіант	Коефіцієнт ураження частин рослини, бали				Середній бал зимостійкості
		Верхівка пагона	Середина пагона	Брунька	Сумарний коефіцієнт ураження	
2	3	4	5	6	7	8
<i>Exochorda giraldui</i>	Контроль	8,2	7,2	11,0	26,4	1,0
	-25 °C	19,4	11,8	12,8	44,0	
	-30 °C	40,6	21,6	20,4	82,6	
<i>E. korolkovii</i>	К	7,0	3,2	5,6	15,8	1,0
	-25 °C	27,8	13,2	13,0	54,0	
	-30 °C	73,2	25,6	43,8	142,6	
<i>E. racemosa</i>	Контроль	7,0	5,0	3,5	16,5	1,0
	-25 °C	40,4	12,6	16,0	69,0	
	-30 °C	59,2	26,8	31,2	117,2	
<i>E. tianschanica</i>	Контроль	6,0	5,2	6,2	17,4	1,0
	-25 °C	24,4	13,8	14,8	53,0	
	-30 °C	52,2	21,6	35,0	108,8	
<i>E. Ч macrantha</i>	К	5,0	8,4	9,0	22,4	1,0
	-25 °C	20,6	11,2	12,2	44,0	
	-30 °C	52,4	42,6	27,6	122,6	
<i>Kerria japonica</i>	Контроль	4,8	7,6	16,1	28,5	2,7
	-25 °C	24,8	14,6	16,0	55,4	
	-30 °C	43,2	16,6	23,6	83,4	
<i>Photinia villosa</i>	К	6,6	8,2	10,2	25,0	1,0
	-25 °C	62,2	38,4	43,0	143,6	
	-30 °C	36,0	22,4	25,4	83,8	
<i>Prinsepia sinensis</i>	Контроль	9,4	11,6	12,8	33,8	1,0
	-25 °C	23,0	16,0	16,0	55,0	
	-30 °C	25,6	15,8	19,6	61,0	
<i>Rhodotyphus kerrioides</i>	Контроль	6,8	6,4	5,4	18,6	2,3
	-25 °C	17,2	14,2	18,2	49,6	
	-30 °C	24,4	24,4	24,8	73,6	
<i>Stephanandra incisa</i>	Контроль	22,4	20,6	13,0	56,0	2,3
	-25 °C	40,4	22,2	23,4	86,0	
	-30 °C	58,2	23,2	31,8	113,2	
<i>S. tanakae</i>	Контроль	17,0	11,4	11,8	40,2	2,0
	-25 °C	41,2	30,8	34,2	106,2	
	-30 °C	58,2	48,4	35,8	142,4	

Сумарний бал пошкодження пагонів був найвищим у третьому варіанті дослідження після проморожування пагонів за температури -30 °C. Лише у *P. villosa* в другому варіанті він перевищував показники третього (143,6 проти 83,8 бала). За впливу такої температури найсуттєвіше постраждали пагони *E. korolkovii* (142,6 бали), *S. tanakae* (142,4), *E. × macrantha*

(122,6), *E. racemosa* (117,2), *S. incisa* (113,2) та *E. tianschanica* (108,8 бали).

Життєво найважливішим органом зимуючої рослини є брунька, коефіцієнт ушкодження якої і середньої частини пагона був визначальним за умов оцінки рівня морозостійкості. Мікроскопічними дослідженнями поперечних зрізів пагонів встановлено, що внаслідок впливу

ву низьких температур найбільше пошкоджуються тканини серцевини, кори та деревини, а найменше — камбію. Отже, найменш морозостійкими тканинами є кора, деревина та серцевина, а камбій — найстійкіший. Це надзвичайно важливо, оскільки саме камбій, як твірна тканина, є найнеобхіднішою складовою в життєдіяльності деревних видів рослин, що забезпечує процеси росту та регенерації.

Пряме проморожування засвідчило потенційну схильність до пошкодження однорічних пагонів морозами в представників роду *Stephanandra* та більшості рослин з роду *Exochorda*, верхівки пагонів яких суттєво постраждали після проморожування за температури -30°C (*E. tianschanica* (52,2 бали), *E. × macrantha* (52,4), *E. racemosa* (59,2) та *E. korolkovii* (73,2 бали)).

Для встановлення функціонування процесів льодоутворення в тканинах однорічних пагонів деревних рослин нами використано метод ДТА [14], що полягає в аналізі термограм льодоутворення з урахуванням співвідношення окремих смуг та інтервалу появи [7, 13]. Метод ґрунтується на тому, що перетворення води в лід — це процес, який супроводжується виділенням прихованої теплоти, яка фіксується на термограмі як різниця сигналів

від термопар, що виникає внаслідок підвищення температури зразка порівняно з безводним еталоном. Зміни температури зразка під час кристалізації в ньому води на термограмах відображаються як окремі піки тепловиділення. Льодоутворення у різних тканинах зразка відбувається нерівномірно, тому на термограмах виникає кілька максимумів (екзотерм), амплітуда і положення яких, значною мірою, зумовлюються водно-фізичними властивостями тканин. У високотемпературних рослин виявляють лише одну високотемпературну екзотерму (ВТЕ), виникнення якої спостерігається за температури заморожування -5 – -10°C . У рослин з обмеженою морозостійкістю за низьких температур виявляють гострі піки, які пов'язані з пошкодженням та загибеллю тканин, що спричинені внутрішньоклітинним замерзанням (низькотемпературні екзотерми (НТЕ)) [6]. Морозостійкішими вважають рослини, в яких ініціація льодоутворення і ВТЕ спостерігаються за вищих температур, водночас як НТЕ — нижчих, що спричиняє збільшення інтервалу на термограмі між піками ВТЕ та НТЕ. Отже, за величинами інтервалів між високо- та низькотемпературною екзотермами можна оцінювати рівень морозостійкості рослин.

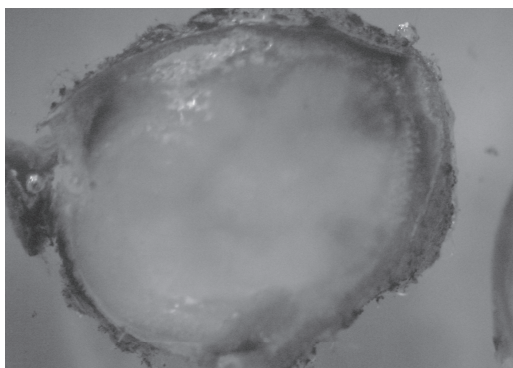


Рис. 1. Пошкодження тканин верхівки однорічного пагона рослин *Stephanandra incisa* у контролі (збільшення 4×10)

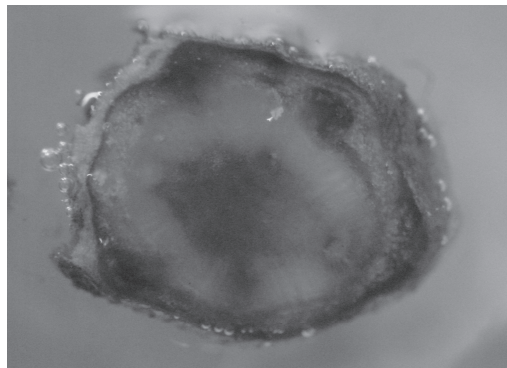


Рис. 2. Пошкодження тканин верхівки однорічного пагона рослин *Stephanandra incisa* після прямого проморожування за температури -30°C (збільшення 4×10)

Аналіз льодоутворення за допомогою термографічного методу виявив особливості тепловиділення в тканинах пагонів деревних рослин. На спектрах тепловиділення зразків визначено кілька достатньо чітких смуг в інтервалі температур $-7-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. ВТЕ в діапазоні температур $-8-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ характеризує процеси льодоутворення у тканинах ксилеми, а НТЕ, що реєструється за $-15-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, — флоєми [15]. Порівняно низьку температуру ініціації льодоутворення у флоємі пояснюють незначними розмірами клітин та присутністю у міжклітинному просторі значної кількості розчинених речовин — природних кріопротекторів [7]. У діапазоні смуги тепловиділення флоєми ($-20-35\text{ }^{\circ}\text{C}$) нами зареєстровано ще кілька НТЕ, пов'язаних із замерзанням води у мікрокапілярах ксилеми.

Аналіз термограм показав, що потенційно морозостійкішими можна вважати представників роду *Exochorda* (рис. 3) та *R. kerrioides*, у яких температурний діапазон льодоутворення ВТЕ був найширшим [1].

За умов льодоутворення в мікро- і макрокапілярах ксилеми за показником НТЕ/ВТЕ у *Rosaceae* (0,3–1,0) встановлено, що найвищі адаптаційні пристосування до низьких температур характерні для *E. tianschanica*, *E. korolkovii*, *E. racemosa*, *P. sinensis* та *R. kerrioides*. Для решти рослин характерною була перевага температурного максимуму льодоутворення у мікрокапілярах ксилеми, що підтверджує їхню потенційну схильність до пошкодження морозами [1].

Для оцінки рівня морозостійкості можна застосовувати співвідношення амплітуд у максимумах екзотермічних процесів у ксилемі і флоємі. Зокрема, для морозостійких видів рослин показник співвідношення флоємного і ксилемного максимумів екзотерм становить менше 1,0; середньозимостійких — 1,2–1,5; слабоморозостійких — понад 1,5. [6, 7].

На підставі аналізу співвідношення ВТЕ/ТЕ нами встановлено, що лише у рослин *R. kerrioides* амплітуда льодоутворення в ксилемі була більша ніж у флоємі (співвідношення ВТЕ/ТЕ > 1 коливалось в межах 1,25–3,2). В інших інтродуцентів переважав флоємний максимум, однак це не підтверджує схильності цих рослин до ураження низькими температурами, оскільки інтенсивна втрата води тканинами флоєми, як у *R. kerrioides*, здатна спричинити їхнє висушування і загибель.

Адаптація до низьких температур, а саме процес загартування або аклімація, супроводжується втратою води клітинами флоєми та ксилеми. Великі судини ксилеми мають вищу вірогідність утворення льоду, передусім у міжклітинниках, що зумовлює додатковий вихід води з клітини за осмотичним градієнтом, що обумовлює підсихання і знижує ризик утворення льоду в клітині. Тому одним із механізмів адаптації до низьких температур є рання ініціація льодоутворення і достатньо висока швидкість відтоку води на центр льодоутворення в міжклітинниках. Льодоутворення в міжклітинниках та великих судинах супроводжується тепловиділенням, яке фіксується у вигляді ВТЕ. Поява НТЕ пояснюється льодоутворенням у мікрокапілярах ксилеми. Незначні розміри мікрокапілярів зумовлюють високий потенціал пари над водою, внаслідок чого значно знижується температура льодоутворення. Крім того, у малих судинах присутні кріопротектори (цукри, низькомолекулярні білки тощо), які також знижують показники НТЕ. Саме в мікрокапілярах зосереджено пули води, які забезпечують підтримання на оптимальному рівні водного балансу рослин, особливо під час посухи. Однак висока водоутримувальна здатність спричиняє ризик пошкодження тканини за умов переохолодження до критично низьких температур. У літера-



турі наведено інтерпретацію НТЕ як загибелі рослин [13], однак деякі автори вважають, що в окремих випадках їхня загибель відбувається за іншої температури [9]. Висока амплітуда НТЕ свідчить про значне накопичення переохолодженої води і високий ризик пошкодження мікрокапілярів під час льодоутворення. Тому ми вважаємо, що співвідношення НТЕ до ВТЕ є достатньо об'єктивним показником рівня ризику низькотемпературного пошкодження під час замерзання переохолодженої води; водночас для рослин з вищим адаптативним потенціалом цей показник буде на користь ВТЕ.

Наведені результати підтвердили виявлену прямим проморожуванням пагонів потенційну схильність до пошкодження представників роду *Stephanandra*, а також засвідчили достатньо високий адаптативний потенціал у рослин *P. sinensis*, *E. tianschanica*, *E. korolkovii* і *E. racemosa*, які виявляли схильність до пошкодження. Крім цього, встановлено, що характер льодоутворення може призвести до ушкодження тканин у однорічних пагонах *K. japonica*.

Порівнюючи дані досліджень потенційної морозостійкості азійських деревних інтродуцентів з фактичними показниками шкали візуальної оцінки їхніх пошкоджень в зимовий період (табл.)



Рис. 3. Екзотерми льодоутворення в тканинах однорічних пагонів рослин *Exochorda girdalii*

встановлено, що види роду *Exochorda* виявились стійкими. Це підтверджують і результати ДТА. Виявлена в результаті експерименту з прямого проморожування пагонів схильність до пошкодження температурами -30°C у цих рослин, але та не підтверджена польовими даними, пов'язана, можливо, зі змінами складу кріопротекторів у їхніх тканинах, що зумовлено перенесенням зрізаних на морозі пагонів у лабораторію з подальшим поступовим повторним заморожуванням. У рослин роду *Exochorda* методом флуоресцентної мікроскопії виявлено потужний шар деревини, а за свідченням деяких авторів [2], рівень морозостійкості тісно пов'язаний зі змінами стану води у цій тканині. Оптимально розвинена деревина, через наявність значної кількості мікрокапілярів, здатна утримувати вологу в зимовий період завдяки високій гігроскопічності [8]. Коли ж судин ксилеми утворюється незначна кількість, це може стати однією із причин високих втрат вологи у зимовий період і пошкодження пагонів за типом "зимового підсихання". Ризик такого пошкодження підсилюється, оскільки основною функцією тонкої деревини є арматурна, і вагома частина судин розвиває товсті лігніфіковані стінки, чим обмежує внутрішній об'єм судин та зменшує кількість води, яка здатна запасатись у деревині.

Результати польових спостережень за зимостійкістю *K. japonica* засвідчують, що рослини цього виду пошкоджуються впродовж зими в умовах Києва. На верхівках однорічних пагонів *K. japonica* після зимового періоду помітні характерні некротовані ділянки; після ж суворих зим пагони можуть відмирати до рівня снігового покриву, а рослини втрачати 70% фітомаси. Пряме проморожування не виявило значних пошкоджень тканин пагонів *K. japonica*. Результати ДТА під-

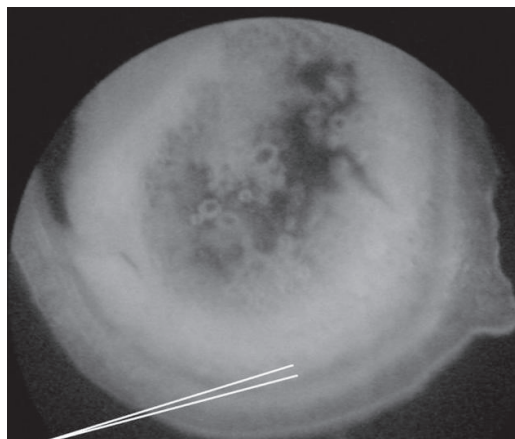


Рис. 4. Шар деревини на поперечному зрізі однорічного пагона рослини *Kerria japonica* у світлі люмінесцентного мікроскопа (збільшення 5×10)

тверджують потенційну схильність цих рослин до пошкодження. Очевидно, ушкодження тканин *K. japonica* спричинене не лише негативними температурами, а й комплексом чинників, до яких належить зимове підсихання. Такі зміни підтверджуються даними анатомічних досліджень. Однорічні пагони *K. japonica* мають малопотужний шар деревини (рис. 4), що спричиняє дегідратацію клітин внаслідок міграції води на фронт льодоутворення в міжклітинниках через відсутність достатньої кількості мікрокапілярів ксилеми, які б втримували воду і перешкоджали виникненню водного дефіциту.



Рис. 5. Екзотермії льодоутворення в тканинах однорічних пагонів рослин *Photinia villosa*

Однорічні пагони *P. villosa* та *P. sinensis* відзначились високими показниками потенційної зимостійкості, що підтверджено фактичними даними польових спостережень (табл.). Результати анатомічних досліджень проморожених за температур -25 – -30 °C однорічних пагонів рослин показали, що пошкодження тканин не перевищує середнього показника. Згідно отриманих даних ДТА, температурний діапазон льодоутворення ВТЕ у *P. villosa* є вузьким (рис. 5), а тому рослини потенційно резистентні до зимового підсихання.

У рослин *R. kerrioides* спостерігалась значна втрата води у флоемі, що виявилось у низькій амплітуді тепловідлення і значному переохолодженні до -19 – -21 °C. Високе співвідношення ВТЕ/НТЕ у цієї рослини зумовлено інтенсивною втратою води тканинами кори і зменшенням амплітуди НТЕ. Підсихання відбувалось і в клітинах ксилеми, що збільшувало опір ксилемних тканин до міграції фронту льодоутворення та температурний діапазон екзотермічних процесів у пагонах. Таким чином, формується комплекс показників, який засвідчує умовно високий адаптативний потенціал цього виду. Такі перебудови визначають ризик підсихання пагонів за умов довготривалих холодів, що супроводжуються вітрами. Відслідковане нами значне відмирання пагонів *R. kerrioides* над сніговим покривом (табл.), можливо, обумовлено саме пошкодженням за типом "зимового підсихання".

Результати експериментів виявили потенційну схильність представників роду *Stephanandra* до уражень у зимовий період. Фактичну зимостійкість цих рослин підтвердили прогностичні дані — бал ушкодження *S. incisa* становив 2,3, а *S. tanakae* — 2,0 (табл.). Анатомічні дослідження однорічних пагонів рослин показали наявність у них тонкої перидерми (рис. 6). Відзначено, що зимостійкість кущових

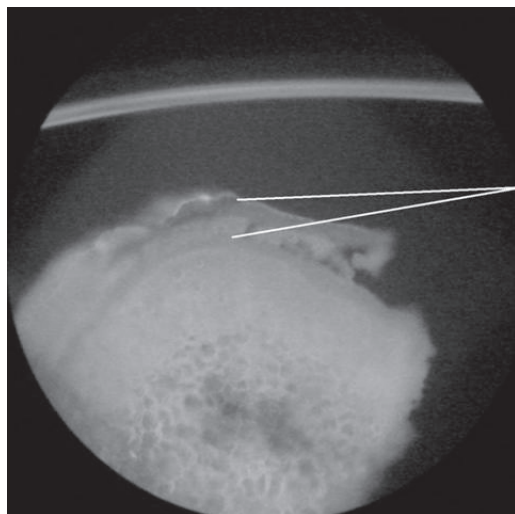


Рис. 6. Перидерма на поперечному зрізі однорічного пагона рослин *Stephanandra incisa* у світлі люмінесцентного мікроскопа (збільшення 5×10)

рослин прямо пропорційно залежить від кількості сформованих шарів перидерми [6], вторинної покривної тканини, яка утворюється внаслідок діяльності вторинної латеральної меристеми — фелогену, або коркового камбію [10]. Слабкорозвинена перидерма, разом із значною кількістю сочевичок на одиницю площі поверхні пагона, сприяє зимовому підсиханню [6]. Очевидно, що малопотужна перидерма рослин роду *Stephanandra* зумовлює схильність однорічних пагонів до пошкодження в зимовий період.

Висновки

Потенційно стійкими до морозів є рослини родів *Exochorda*, *Photinia* та *Prinsepia*. Резистентність рослин роду *Exochorda* підтверджує диференційний термічний аналіз та особливість анатомічної будови їхніх однорічних пагонів, завдяки якій процеси льодоутворення у пагонах запобігають механічним пошкодженням протопластів і не призводять до дегідратації тканин. Стійкість *Photinia villosa* та *Prinsepia sinensis* до впливу низьких температур засвідчують результати прямого проморожування — рослини виявляють резистентність до пошкоджень низькими температурами за умов прямого проморожування. Потенційно схильними до пошкоджень у зимовий період є представники родів *Kerria*, *Rhodotypus* та *Stephanandra*. Через малопотужний шар деревини в однорічних пагонах *Kerria japonica* фронт льодоутворення, що виникає у міжклітинниках, спричиняє водний дефіцит. У рослин *Rhodotypus kerrioides* простежується високе співвідношення ВТЕ/НТЕ, зумовлене інтенсивною втратою води тканинами кори, внаслідок чого виникає ризик підсихання пагонів під час перезимівлі. Потенційну схильність до пошкодження у зимовий період рослин роду *Stephanandra* визначає наявність тонкої перидерми в їхніх однорічних пагонах.

Література

- Особливості льодоутворення у тканинах пагонів малопоширених деревних інтродуктивів родини Rosaceae Juss. / А.І. Бабицький, О.І. Китаєв, Н.М. Трофименко, О.К. Дорошенко // Інтродукція рослин. — 2011. — № 4. — С. 84–89.
- Васюта О.С., Китаєв О.І. Дослідження особливостей льодоутворення у тканинах коренів підщеп кісточкових культур залежно від їх морозостійкості // Садівництво. — 2001. — Вип. 53. — С. 312–319.
- Генкель П.А. Онкина Е.З. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. — М.: Наука, 1964. — 242 с.
- Польові методи визначення морозостійкості плодових порід / В.В. Грохольський, О.І. Китаєв, Д.В. Потанін, М.О. Бублик // Садівництво. — 2008. — Вип. 61. — С. 277–291.
- Квамме Х.А. Селекция и отбор плодовых растений умеренного климата на морозостойкость // Холодостойкость растений. — М.: Колос, 1983. — С. 244–261.
- Палагеча Р.М., Китаєв О.І., Таран Н.Ю. Морозостійкість магнолій та льодоутворення у тканинах пагонів // Укр. бот. журн. — 2007. — № 5. — С. 892–900.

Created with



nitroPDF

professional

7. Пасичный А.П., Пономарева И.Д., Цепков Г.В. Анализ процесса льдообразования в тканях разных по морозостойкости древесных растений // Физиология и биохимия культ. растений — 1980. — № 5. — С. 548–553.
8. Пирумян К.А. Рост однолетних побегов, закладка и развитие цветочных почек сортов груши // Изв. МСХ Арм. ССР. — 1967. — № 3. — С. 39–44.
9. Потанін Д.В., Грохольський В.В., Китаєв О.І. Визначення морозостійкості плодкових порід лабораторним методом прямого проморожування // Садівництво. — 2005. — Вип. 56. — С. 170–180.
10. Проценко Д.П., Брайон О.В. Анатомія рослин: Підручник. — К.: Вища шк., 1981. — 280 с.
11. Соколов С.Я. Современное состояние теории акклиматизации и интродукции растений // Интродукция растений и зеленое строительство // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. — 1957. — № 6, вып. 5. — С. 34–42.
12. Соловьева М.А. Методы определения зимостойкости плодовых культур. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — 36 с.
13. Kaku S., Iwaya M. Low temperature exotherms in xylems of evergreen and deciduous broad-leaved trees in Japan with reference to freezing resistance and distribution range // Plant cold hardiness and freezing stress: Mechanisms and crop implications. — 1978. — V. I. — P. 227–239.
14. Kytaev O., Solovyova M., Sheychuk M. The investigation of ice-forming process in different fruit plants organs // Referaty i donisienia wygoszone na XI ogólnokrajowym seminarium Grupy Roboczej "Mrozoodpornosc". — Poznan, 1999. — P. 153–157.
15. Rajashekar C., Westwood M., Burke M. Deep supercooling and cold hardiness in genus *Pyrus* // J. Amer. Soc. Hort. Sci. — 1982. — 107. — P. 968–972.

АННОТАЦІЯ

Бабицький А.І., Китаєв О.І., Трофименко Н.М., Григорюк І.П. Оцінка рівня потенціальної морозостійкості деяких видів деревних рослин родини *Rosaceae* Juss. // *Біоресурси і природопольовання*. — 2014. — 6, № 3–4. — С. 151–160.

Представлены результаты системного анализа процессов образования льда в тканях однолетних побегов 11 видов растений из 6 родов семейства *Rosaceae* Juss. в связи с их потенциальной морозостойкостью. Установлена степень повреждения тканей низкими температурами -10, -20 и -30 °C. Определены особенности функционирования процессов льдообразования и миграции его фронта в тканях однолетних побегов растений.

SUMMARY

A. Babytskyi, O. Kytayev, N. Trofymenko, I. Hryhoryuk. Estimation of potential frost resistance level of some woody species from *Rosaceae* Juss. family // *Biological Resources and Nature Management*. — 2014. — 6, № 3–4. — P. 151–160.

The results of complex analyze of ice-forming processes in tissues of annual shoots of 11 species from 6 genera of *Rosaceae* Juss. family in connection with their potential frost resistance are shown. The degree of tissue damage by low temperatures -10, -20 and -30 °C is found. The features of running of ice-forming processes and ice migration in the different tissues of annual shoots of studied plants were determined.