

## АНАТОМІЧНА БУДОВА ПАГОНІВ КУЩОВИХ ІНТРОДУЦЕНТІВ РОДИНИ ROSACEAE JUSS. ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ЗИМОСТІЙКОСТІ ЦИХ РОСЛИН В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Андрій І. Бабицький<sup>1\*</sup>, Олег І. Китаєв<sup>2</sup>, Надія М. Трофименко<sup>3</sup>

**Анотація.** На основі дослідження анатомічної будови однорічних пагонів кущових інтродуцентів родини Rosaceae, а саме з родів *Exochorda* Lindl., *Kerria* DC., *Photinia* Lindl., *Prinsepia* Royle, *Rhodotypos* Sieb. et Zucc. та *Stephanandra* Sieb. et Zucc., встановлено взаємозв'язок між будовою пагонів цих рослин та їхньою здатністю переносити несприятливі умови зимового періоду в Правобережному Лісостепу України. Доведено, що найбільш схильними до пошкодження по типу «зимового висушування» є пагони *Rhodotypos kerrioides*, через слабкий розвиток деревини у цієї рослини, що зумовлює швидке зневоднення тканин внаслідок присисної дії льоду, який утворюється у корі. Також виявлено, що пагони *Kerria japonica*, *Kerria japonica* 'Plena', *Stephanandra incisa* та *Stephanandra incisa* 'Crispa' слабо захищені перидермою і тому можуть пошкоджуватись морозами.

**Ключові слова:** Rosaceae, анатомія, пагін, кущові інтродуценти, зимостійкість, морозостійкість

<sup>1</sup> Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, вул. Урицького, 35, Київ, 03035, Україна; andriybabyskiy@gmail.com

<sup>2</sup> Інститут садівництва НААН України, вул. Садова, 6, с. Новосілки, Київська обл., 03027, Україна

<sup>3</sup> Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна

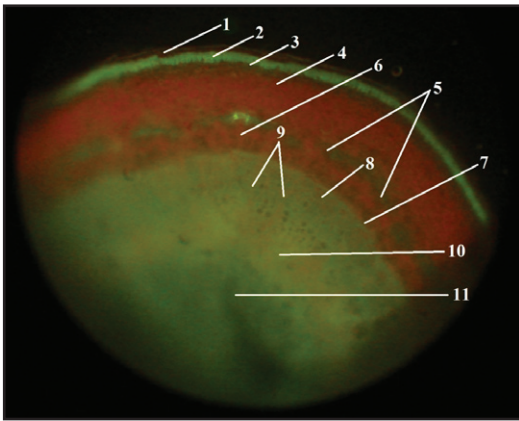
Анатомічна будова пагона – важлива біологічна характеристика рослин, яка визначається їхнім місцезростанням і часто є видоспецифічною (Нечитайло і Кучерява 2001). І навпаки, від анатомічної структури органів загалом, і пагонів зокрема залежать екологічні особливості рослини, такі як зимостійкість та посухостійкість (Паушева 1980). Особливо актуальним є дослідження анатомії пагонів інтродукованих кущових рослин у контексті вивчення зимостійкості.

Предметом дослідження були 15 видів і форм декоративних кущових інтродуцентів родини Rosaceae з фондів дендрарію Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України, а саме: *Exochorda giraldii* Hesse, *E. korolkowii* Lavallée, *E. xmacrantha* Schneid., *E. racemosa* (Lindl.) Rehder, *E. tianschanica* Gontsch., *Kerria japonica* (L.) DC., *K. japonica* 'Plena', *K. japonica* 'Picta', *Photinia villosa* (Thunb.) DC., *Ph. villosa* 'Laevis', *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Oliv. ex Bean, *Rhodotypos kerrioides* Siebold et Zucc., *Stephanandra tanakae* Franch. et Zucc., *S. incisa*

(Thunb.) Zabel, *S. incisa* 'Crispa'.

Вивчення анатомічної структури пагонів цих рослин проводили у кінці серпня. Для дослідів вибирали повністю сформовані та здерев'янілі однорічні пагони з середньої частини крони кущів. Зрізи робили у верхній частині пагонів, адже вона найбільше схильна до уражень в зимовий період. Препарати розглядали під люмінесцентним мікроскопом "ЛЮМАМ-И4" при збільшенні 5×10. Живі тканини відсвічувались червоним кольором, а мертві – зеленим, при чому пігментовані стінки клітин люмінесціювали жовто-зеленим кольором, а яскраво-жовтого забарвлення були тканини з високим вмістом антрахінонів і флавоноїдів, що дають жовту люмінесценцію.

В усіх дослідних зразках було виявлено тканини, типові для однорічних пагонів кущових рослин (Рис. 1). Поверхня пагонів усіх досліджених рослин на час дослідів ще зберегла епідерміс (Рис. 1 1), який у цей період уже відмер і відсвічувався зеленим кольором, проте ще не злущився внаслідок діяльності вторинних меристем



**Рис. 1.** Анатомічна будова однорічного пагона *Exochorda tianschanica* у світлі люмінесцентного мікроскопа (збільшення  $5 \times 10$ ): 1 – епідерміс; 2 – фелема (корок); 3 – фелоген; 4 – фелодерма; 5 – склеренхіма; 6 – корова паренхіма; 7 – камбій; 8 – вторинна ксилема; 9 – сердцевинні промені; 10 – перимедулярна зона; 11 – сердцевина.

**Fig. 1.** Anatomical structure of annual shoots of *Exochorda tianschanica* under the fluorescent microscope (magnification  $5 \times 10$ ): 1 – epidermis; 2 – phellem (cork); 3 – phellogen; 4 – phelloderma; 5 – sclerenchyma; 6 – cortical parenchyma; 7 – cambium; 8 – secondary xylem; 9 – medullary rays; 10 – peripheral medullary zone; 11 – pith (medulla).

– камбію і фелогену. Під епідермісом було виявлено шар фелеми (корку), який у різних об'єктів мав приблизно однакову товщину і складався з кількох рядів клітин (Рис. 1 2). Найпотужнішим він виявився у *Exochorda giraldii*, а найтоншим – у видів роду *Kerria* DC. та *Stephanandra* Sieb. et Zucc. За шаром фелеми розташований одношаровий фелоген (Рис. 1 3), що, власне, й сформував фелему. У середину фелоген утворив фелодерму – живу паренхімну тканину, товщина якої у різних рослин була неоднаковою (Рис. 1 4). Найтовстіша вона у екзохорда та фотіній, дещо тонша – у стефанандр та розовика. Найтоншою фелодерма виявилась у видів роду *Kerria* та *Prinsepia sinensis*. Ця тканина люмінесціює червоним світлом. У *S. tanakae* виявлено 2 шари фелогену і його похідних – корку і фелодерми. За фелодермою лежить переривчастий шар механічної тканини – склеренхіми (Рис. 1 5), що був представлений луб'яними волокнами. Серед дослідженої

групи найкраще розвинена вона у *P. sinensis*. За склеренхімою червонуватим світлом відсвічувалася паренхіма кори (Рис. 1 б), яка межувала з одношаровим камбієм (Рис. 1 7). До середини пагонів камбій відкладав деревину (Рис. 1 8) з сердцевинними променями (Рис. 1 9), яка люмінесціювала зеленим кольором і в різних рослин мала різну потужність. Так, широкий шар деревини був виявлений у екзохорда, а вузьким він виявився у розовика та керій. За свідченням О.С. Васюти та О.І. Китаєва (2001), ступінь морозостійкості тісно пов'язаний зі змінами стану води у тканинах кущових рослин. Добре розвинена деревина, через наявність великої кількості мікрокапілярів, здатна утримувати вологу в зимовий період завдяки своїй високій гігроскопічності (Пирумян 1967). Коли ж судин ксилеми утворюється незначна кількість, це може стати причиною високих втрат вологи у зимовий період і пошкодження пагонів по типу «зимового висушування», що й спостерігалось у розовика та керій. Ризик такого пошкодження підсилюється ще й тим, що основною функцією тонкої деревини стає арматурна, і велика частина судин розвиває товсті лігніфіковані стінки, чим обмежує внутрішній об'єм судин, а отже й зменшує кількість води, яку вони здатні вмістити.

Адаптація до дії низьких температур, а саме процес загартування або аклімація, супроводжується втратою води клітинами флоєми та ксилеми, при цьому великі судини ксилеми мають вищу вірогідність утворення льоду, передусім у міжклітинниках, що сприяє додатковому виходу води з клітини за осмотичним градієнтом, що сприяє підсушуванню клітини і знижує ризик утворення льоду в ній. Тому важливим механізмом адаптації до низьких температур є рання ініціація льодоутворення і достатньо висока швидкість відтоку води на центр льодоутворення в міжклітинниках (Васюта і Китаєв 2001).

Льодоутворення в міжклітинниках та великих судинах супроводжується тепловиділенням, яке фіксується у вигляді високотемпературної екзодерми (ВТЕ)

під час диференційного термічного аналізу (ДТА) процесів льодоутворення в їхніх органах і тканинах (Бабицький *та ін.* 2011). Поява низькотемпературної екзотерми (НТЕ) зумовлена льодоутворенням у мікрокапілярах ксилеми. Малі розміри мікрокапілярів зумовляють високий тиск пари над водою, за рахунок чого значно знижується температура льодоутворення. Крім того, у малих судинах присутні кріопротектори (цукри, низькомолекулярні білки тощо), які також знижують показники НТЕ. Саме в мікрокапілярах зосереджена вода, що забезпечує підтримку водного балансу рослин, особливо під час посухи. Однак, висока водоутримуюча здатність призводить до ризику пошкодження цієї тканини за умов переохолодження при критично низьких температурах. У літературі трапляється інтерпретація низькотемпературної екзотерми як екзотерми загибелі рослини, однак деякі автори вважають, що в окремих випадках загибель рослини відбувається при іншій температурі (Kaku & Iwaya 1978). Висока амплітуда низькотемпературної екзотерми свідчить про значне накопичення переохолодженої води і високий ризик пошкодження мікрокапілярів під час льодоутворення. Тому вважаємо, що відношення НТЕ до ВТЕ є достатньо об'єктивним показником ступеня ризику низькотемпературного пошкодження під час замерзання переохолодженої води, при цьому для рослин з вищим адаптивним потенціалом цей показник буде на користь ВТЕ.

У *Rhodotypos kerrioides* була відмічена значна втрата води у флоємі, що проявляється у малій амплітуді тепловиділення і значному переохолодженні до  $-19 - -21^{\circ}\text{C}$  (Бабицький *та ін.* 2011). Інтенсивна втрата води тканинами кори цієї рослини на термограмах ДТА виражається у високому співвідношенні ВТЕ до другої екзотерми (ТЕ), що реєструється при  $-15 - -25^{\circ}\text{C}$  у тканинах флоєми, а також у зменшенні амплітуди ТЕ. При цьому підсушування відбувається і в клітинах ксилеми, що збільшує опір ксилемних тканин до міграції фронту

льодоутворення і збільшує температурний діапазон екзотермічних процесів у пагонах. Таким чином формуються показники, які вказують на нібито високий адаптивний потенціал цього виду, але насправді свідчать про існуючий ризик висушування пагонів за умов довготривалих холодів, що супроводжуються вітрами під час перезимівлі. На основі багаторічних спостережень за зимостійкістю *R. kerrioides*, в окремі роки було відмічено значне відмирання пагонів цієї рослини над сніговим покривом. Очевидно, такі пошкодження виникли внаслідок «зимового висушування» пагонів.

За деревиною у досліджених рослин виявлено перимедулярну зону (Рис. 1 10), утворену зовнішніми шарами дрібних клітин серцевини пагона та елементами первинної ксилеми. Ці клітини здатні довго залишатися живими і виконують запасну функцію. Люмінесцювала ця зона жовто-червоним кольором. Товщина її була неоднаковою у різних рослин і найслабше ця зона була виражена у стефанандр та принсепій. Середню частину пагонів займала серцевина (Рис. 1 11), що відрізнялася шириною та щільністю у різних видів. Щільною та вузькою вона була в екзохорд та фотіній, причому в *Exochorda giraldii* та *E. korolkovii* клітини цієї зони розташовувались не так щільно, як у інших видів екзохорд. У *P. sinensis* виявлено пухку серцевину, яка займала незначну частину пагона у порівнянні з іншими тканинами. Вираженою та пухкою серцевина була у керій та стефанандр.

Як вказує Р.М. Палагеча *та ін.* (2007), зимостійкість кущових рослин прямо пропорційно залежить від кількості сформованих шарів перидерми. Перидерма – це вторинна покривна тканина, яка утворюється внаслідок діяльності вторинної латеральної меристеми – фелогену (Проценко і Брайон 1981). Автор зазначає, що слабо розвинена перидерма разом з великою кількістю сочевичок на одиницю площі поверхні пагона сприяє зимовому висушуванню. Найтоншою перидерма виявилась у видів роду *Kerria*, *Stephanandra incisa* та її сорту *S. incisa 'Crispa'*. У *S. tanakae*

перидерма розвинена добре.

Отже, на основі анатомічних досліджень одnorічних пагонів кушових інтродуцентів родини Rosaceae встановлено, що найбільш схильними до зимового висушування є пагони *Rhodotypos kerrioides* через слабкий розвиток деревини у цієї рослини. Така анатомічна особливість будови пагонів зумовлює швидке зневоднення тканин внаслідок присисної дії льоду, що утворюється у корі. Також потенційно вразливими у зимовий період є пагони *Kerria japonica*, *K. japonica* 'Plena', *Stephanandra incisa* та *S. incisa* 'Crispa', які слабо захищені перидермою і можуть пошкоджуватись морозами.

### Використані джерела

- НЕЧИТАЙЛО В.А., КУЧЕРЯВА Л.Ф. 2001.** Ботаніка. Вищі рослини: навч. посіб. для ВНЗ. Фітосоціоцентр, Київ.
- ПАУШЕВА З.П. 1980.** Практикум по цитології растений. Колос, Москва.
- ВАСЮТА О.С., КИТАЄВ О.І. 2001.** Дослідження особливостей льодоутворення у тканинах коренів підщеп кісточкових культур залежно від їх морозостійкості. *Садівництво* 53: 312–319.
- ПИРУМЯН К.А. 1967.** Рост однолетних побегов, закладка и развитие цветочных почек сортов груши. *Изв. с.-х. наук МСХ Арм. ССР* 3: 39–44.
- БАБИЦЬКИЙ А.І., КИТАЄВ О.І., ТРОФИМЕНКО Н.М., ДОРОШЕНКО О.К. 2011.** Дослідження особливостей льодоутворення у тканинах пагонів малопоширених у Правобережному Лісостепу України деревних інтродуцентів родини Rosaceae Juss. залежно від їхньої морозостійкості. *Інтродукція рослин* 4: 84–89.
- КАКУ С., ІВАЙА М. 1978.** Low temperature exotherms in xylems of evergreen and deciduous broad-leaved trees in Japan with reference to freezing resistance and distribution range. In: LI P.H., SAKAI A. (eds), Plant cold hardiness and freezing stress. Vol. 1: 227–239. Academic Press, New York.
- ПАЛАГЕЧА Р.М., КИТАЄВ О.І., ТАРАН Н.Ю. 2007.** Морозостійкість магнолій та льодоутворення у тканинах пагонів. *Укр. ботан. журн.* 64 (6): 891–900.
- ПРОЦЕНКО Д.П., БРАЙОН О.В. 1981.** Анатомія рослин: підруч. для ун-тів. Вища школа, Київ.

### ANATOMICAL STRUCTURE OF THE SHOOTS OF SHRUBBY INTRODUCENTS FROM ROSACEAE JUSS. FAMILY AND ITS VALUE FOR WINTER RESISTANCE OF THESE PLANTS IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

ANDRIY I. BABYTSKIY<sup>1</sup>, OLEG I. KYTAEV<sup>2</sup>, NADIYA M. TROFYMENKO<sup>3</sup>

**Abstract.** On the base of investigations of the anatomical structure of annual shoots of shrubby introduced species from the family Rosaceae (viz *Exochorda* Lindl., *Kerria* DC., *Photinia* Lindl., *Prinsepia* Royle, *Rhodotypos* Sieb. et Zucc. and *Stephanandra* Sieb. et Zucc.), the relation between it and ability of these plants to endure the disadvantageous conditions of winter period in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine was established. It has proved that the most inclined to the damages called “winter exsiccation” are shoots of *R. kerrioides* because of suction activity of the ice (which forms in the cortex) in consequence of their weak xylem. Also we have found that the weak periderm of the shoots of *K. japonica*, *K. japonica* 'Plena', *S. incisa* and *S. incisa* 'Crispa' could be the reason that causes its damages by the frost.

**Key words:** Rosaceae, anatomy, shoot, shrubby introducents, winter resistance, frost resistance

<sup>1</sup> State Ecological Academy of Education and Administration, 35 Urytskogo str., Kyiv, 03035, Ukraine; andriybabytskiy@gmail.com

<sup>2</sup> Institute of Gardening of NAAS of Ukraine, 6 Sadova str., Novosilky, Kyiv reg., 03027, Ukraine

<sup>3</sup> M.M. Gryshko National Botanical Garden of NAS of Ukraine, 1 Timiryazevska str., Kyiv, 01014, Ukraine