

ЗИМОСТІЙКІСТЬ ІНТРОДУКОВАНИХ СНІЖНОЯГІДНИКІВ (SYMPHORICARPOS DUHAMEL) В УМОВАХ КИЄВА

Р.Ю. МАМОНОВА, здобувач*

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

О.І. КИТАЄВ, кандидат біологічних наук

Інститут садівництва НААН

С.І. СЛЮСАР, кандидат біологічних наук

**Національний університет біоресурсів і природокористування
України**

*Наведено результати вивчення зимостійкості рослин роду Сніжноягідник (*Symphoricarpos Duhamel*), що випробовуються у дендрологічних колекціях ботанічних садів Києва. Проведено оцінку пошкоджень тканин однорічних пагонів після штучного проморожування. Виявлено потенційні можливості пристосування сніжноягідників до низьких температур.*

Symphoricarpos Duhamel, сніжноягідник, зимостійкість, морозостійкість, проморожування, спокій рослин.

Для успішної інтродукції господарсько-цінних деревних рослин особливо важливою є їхня адаптація до щорічного впливу низьких температур та інших несприятливих чинників у зимовий, весняний та осінній періоди. В процесі еволюційного розвитку багаторічні рослини виробили в собі певний морфофізіологічний ритм, який формується в конкретних кліматичних умовах залежно від зони вирощування, і складається з почергового повторення періодів спокою (тобто всі вони – термоперіодичні рослини). Глибина та тривалість спокою можуть бути різними. Вважається, що чим глибший спокій і довший його термін, тим триваліший морозний період з більш низькими температурами можуть витримати рослини [9, 12].

У процесі входження до стану спокою, що забезпечує перезимівлю рослин, найважливішою є їхня здатність до загартування, тобто розвитку стійкості до перенесення низьких температур (аклімація). Найважливіші зміни, що супроводжують аклімацію рослин проявляються у накопиченні кріопротекторних речовин для запобігання льодоутворенню безпосередньо в клітині та розвиток водоутримуючої здатності, що забезпечує стійкість до зневоднення клітин. У період глибокого спокою (грудень, перша половина січня) після морозного періоду з температурами –5...–15 С рослини розвивають найбільшу

* Науковий керівник – кандидат біологічних наук Л.І. Пархоменко

морозостійкість. Саме в цей період дослідник може визначити біологічну межу стійкості – потенційну морозостійкість надземної частини рослин [9, 12].

Для аналізу зимостійкості виділяють два механізми, що забезпечують стійкість рослин до дії низьких температур: це запобігання утворенню внутрішньоклітинного льоду, за якого відбуваються незворотні пошкодження клітин, та розвиток стійкості до зневоднення протоплазми, пов'язаного з утворенням в міжклітинному просторі кристалів льоду [9, 8, 16]. Вважається, що рослини більш південного походження розвивають стійкість до низьких температур за першим типом – вони накопичують кріопротектори, що знижує температуру утворення льоду в клітині. До таких рослин належить, наприклад, виноград та деякі кісточкові породи [7]. Однак такий механізм має пороговий рівень температур, нижче яких відбувається замерзання води в клітинах та їх загибель. Хоча деякі види – наприклад слива усурійська, і розвивають стійкість до мінус 40 °С, більшість з них має невисоку морозостійкість у межах –20...– 28 °С.

Рослини північнішого походження, наприклад береза, під час загартування інтенсивніше втрачають воду (відбувається зневоднення клітин) що значно зменшує ризик утворення льоду в них. За таких умов рослини можуть розвинути стійкість до температур –35...–45 °С. У результаті загартування смородини чорної в лабораторних умовах її морозостійкість сягала температури рідкого азоту –196 °С. Однак за умов загартування зневодненням важливим стає розвиток високої водоутримуючої здатності протоплазми клітин для збереження достатньої для їх відновлення функціональної активності води. І все ж для окремих культур, наприклад малини, виникає ризик загибелі клітин внаслідок зневоднення. Такий тип пошкодження отримав назву «зимове висушування». Усе ж в більшості випадків рослини реалізують обидва механізми стійкості [12].

Процеси що відбуваються в клітинах, під час замерзання та льодоутворення найтісніше пов'язані з фізіологічним станом клітин й у першу чергу з проникністю мембранних структур для іонів та води. Адже від цієї властивості клітин залежить швидкість проходження через неї води, надходження її до міжклітинного простору й, насамкінець, швидкість замерзання [5, 8, 13].

Важливу роль відіграє й структура клітинних стінок, яка зумовлює опір тканин міграції фронту льодоутворення, проникненню кристалів льоду в клітинний простір [15]. Зневоднення клітин супроводжується втратою регулюючої здатності мембран, як наслідок цього виникають незворотні зміни в ході процесів обміну речовин, котрі в наступному є безпосередньою причиною загибелі клітин. Ступінь пошкодження від низьких температур переважно визначається стійкістю мембран клітин і передусім мембранних білків до зневоднюючої дії льоду [7, 13, 2].

Для попередження замерзання води в рослинних клітинах і тканинах функціонує система кріопротекторів, до складу якої входять низькомолекулярні білки, вуглеводи та глікопротеїни. Кріопротектори, синтезовані в рослинних клітинах при зниженні температури, можуть попередити або різко сповільнити ріст кристалів льоду. Гідрофільні білки, моно- і олігосахариди, яким властивий кріопротекторний ефект, здатні зв'язувати значну кількість води. Зв'язана таким чином вода вже не замерзає і не транспортується. Кріопротектори починають синтезуватись перш за все в епідермісі і клітинах, які оточують міжклітинні порожнини, де відбувається найінтенсивніше утворення кристалів льоду під час замерзання тканин [12, 16, 14].

Після закінчення періоду глибокого спокою рослина переходить до стану вимушеного спокою, який зумовлений несприятливими для нормального розвитку кліматичними умовами. У цей період можливі тимчасові відлиги, під впливом яких деякі види можуть пробуджуватись, у них активуються метаболічні процеси, що при подальшому зниженні температур призводить до пошкоджень. З технологічної точки зору, для більшості регіонів України, вимушений спокій – найкритичніший період з найнижчою стійкістю рослин що культивуються до низьких температур.

З наведеного стає зрозуміло, що протягом всього зимового періоду рослини знаходяться під впливом екстремальних факторів, чутливість рослин до яких характеризує їхню зимостійкість. Саме тому під час первинної інтродукції необхідно проводити визначення адаптивності рослин до несприятливих умов зимівлі і, як одне з найважливіших, постає питання визначення рівнів морозостійкості. Найпоширенішим є польовий метод, однак він потребує багато часу оскільки повторюваність зим із критичними температурами доволі незначна. Вважається, що такі зими трапляються раз на 10–12 років [1]. Тому, для прискорення оцінки рослин до дії низьких температур використовують також й випробування їх у лабораторних умовах.

Останнім часом все ширше використовують метод диференційного термічного аналізу процесів льодоутворення в тканинах рослин [8, 4, 11, 17, 18]. Однак найпоширенішим залишається метод лабораторного проморожування дослідних зразків з наступним аналізом пошкодження тканин анатомо-мікроскопним методом [7, 1, 10].

Мета досліджень – встановлення фактичної (польової) зимостійкості інтродукованих рослин роду *Symphoricarpos* Duhamel, випробуваних в умовах незахищеного ґрунту та виділення з них найстійкіших за досліджуваною ознакою видів; вивчення потенційної морозостійкості відібраних (найзимостійкіших) видів роду *Symphoricarpos*.

Матеріали та методика досліджень. Об'єктами досліджень були попередньо випробувані рослини видів родини *Symphoricarpos*: сніжноягідник вечірній (*Symphoricarpos hesperius* G.N.Jones), с. західний (*S. occidentalis* Hook.), с. білий (*S. albus* (L.) S.F.Blake), с. прирічковий (*S.*

rivularis Suksd.), с. Шено (*S. ×chenaultii* Rehder), с. округлий (*S. orbiculatus* Moench), с. м'який (*S. mollis* Nutt.), с. Доренбоза (*S. ×doorenbosii* Krüssm.), с. гірський (*S. oreophilus* A.Gray), які досягли репродуктивного віку.

Польові дослідження зимостійкості проводили впродовж 2011–2013 рр. на колекційних ділянках незахищеного ґрунту Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України, Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна Київського Національного університету ім. Тараса Шевченка, Ботанічного саду Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Фактичну зимостійкість встановлювали за п'ятибальною шкалою обмерзання О.А. Калініченка [3].

Потенційну морозостійкість вивчали за методикою Інституту садівництва [16], що побудована на проведенні анатомічоскопних досліджень після прямого проморожування пагонів у термокамерах. Проморожування проводили в лабораторії фізіології рослин та мікробіології Інституту садівництва НААН у холодильній камері для наукових досліджень СРО/400/40, яка оснащена системою контролю температурного поля.

Для дослідів відбирали пагони (річні гілки) однакової сили розвитку і порядку галуження в середній частині крони з південної, південно-східної та південно-західної сторін. В одну повторність відбирали пагони з 2–3 кущів, щоб у кожному зразку було 5–10 пагонів; повторність 3–4-кратна для кожної температури. Кожний зразок зв'язувався у пучки з етикеткою, де записувався: сорт, варіант, дата і т.д. Усі зразки попередньо вкладали у поліетиленові пакети і поміщали до холодильної камери.

Проморожування всіх дослідних зразків проводили одночасно, починаючи з температури повітря, при якій зразки знаходились у незахищеному ґрунті.

Зниження температури в холодильній камері здійснювали зі швидкістю 5 °C/год. Контроль температурного поля в камері проводили за допомогою спеціальної системи датчиків температури та цифрового реєстратора. Як датчики температури використовували мідні термометри опору, що мають лінійну залежність опору від температури.

Температура проморожування була –15, –20, –25 та –30 °C, тривалість експозиції – 6 год. Підвищення температури після проморожування проводили зі швидкістю 2–4 °C/год. За контроль слугували зразки, що не проморожувалися.

Після проморожування зразки зберігалися в пакетах на снігу. Анатомічний аналіз проводили на поперечних зрізах, зроблених бритвою або мікротомом і змонтованих на предметному склі з попередньо нанесеною смужкою гліцерину. З кожної частини пагона робили по 3 зрізи, які аналізували під мікроскопом при невеликому збільшенні (мікроскоп МБС-9). Ступінь ушкодження оцінювали за

шестибальною шкалою. Аналізували окремо кору, камбій, деревину, серцевину кожного пагона, а при зрізі через бруньку додатково визначали показник ушкодження останньої. Після цього підсумовували загальний бал ушкодження.

Результати досліджень. Польові дослідження зимостійкості вказують на різну пристосованість видів роду *Symphoricarpos* до дії комплексу природних факторів у зимовий період (табл. 1). Аналізуючи отримані результати, приходимо до висновку, що найбільшу (максимальну) фактичну зимостійкість в умовах Києва мають види – *Symphoricarpos hesperius*, *S. albus*, *S. oreophilus*, а в окремі роки – *S. occidentalis*, *S. ×chenaultii*, *S. orbiculatus*.

1. Вивчення зимостійкості сніжнягідників методом польових спостережень

Вид	Бали по роках			
	2011	2012	2013	сер. бал
<i>Symphoricarpos hesperius</i>	4	4	4	4,0
<i>S. occidentalis</i>	4	3	4	3,7
<i>S. albus</i>	3-4	4	3-4	3,3-4,0
<i>S. rivularis</i>	3	3	3	3,0
<i>S. ×chenaultii</i>	3	3	3-4	3,0-3,3
<i>S. orbiculatus</i>	4	3	4	3,7
<i>S. mollis</i>	4	3	4	3,7
<i>S. ×doorenbosii</i>	3	2	3	2,7
<i>S. oreophilus</i>	4	4	4	4,0

Польовими спостереженнями встановлено, що на термовитривалість сніжнягідників у зимовий період впливає низка факторів: 1) погодних (динаміка температур, глибина снігового покриву, захищеність ділянки від вітрів); 2) вікових (розміри) рослин та видові особливості фізико-механічної будови пагонів. Більша гнучкість гілок дозволяє рослинам менш стійких видів залишатися більш тривалий час під сніговим покривом (що очевидно є важливим елементом їхньої адаптаційної стратегії).

Дещо понижена ситуативна (фактична) зимостійкість одного з найбільш потенційно стійких видів *S. ×doorenbosii*, а також видів *S. ×chenaultii* та *S. orbiculatus*, таким чином, має доволі широке коло причин.

Варто зазначити, що у першій половині вегетаційного періоду рослини вищевказаних видів повністю відновлюють пошкоджені частини крони, завдяки ростовим брунькам, що збереглися під снігом.

На час відбору зразків погодні умови перезимівлі були достатньо сприятливі для проходження акліматії рослин сніжнягідника. Зниження температури в зимовий період 2011– 2012 рр. за спостереженнями метеостанції Інституту садівництва проходило доволі повільно,

провокуючих відлиг не спостерігалось. Відбувалося поступове вивільнення води з тканин пагонів, що знижувало ризик їх пошкодження внутрішньоклітинним льодом. Інтенсивній втраті води сприяло і те, що периферійні тканини пагонів у більшості видів недостатньо розвинені, перидерма має лише декілька шарів суберинезованих клітин. Найчутливішими до низьких температур виявились тканини верхівки пагонів та міжвузля (зріз через бруньку). Серед тканин найвищий бал пошкодження мала кора. У контрольних зразків кора верхньої частини пагона мала пошкодження від 1,2 до 2,0 балів, в середній частині 0,5–1,7 бала і при аналізі пошкодження тканин міжвузля та бруньки 1,4–2,3 бали (табл. 2).

Лабораторні проморожування дозволили визначити особливості зміни рівня пошкодження тканин від глибини низькотемпературного впливу. Так, за температури -15°C рівень пошкодження майже не зростав, що можна пояснити тотожністю температурних умов при лабораторному проморожуванні і в природних умовах. Подальше зниження температури проморожування до -20°C викликало сильніше, але все ж не очікувано поступове зростання ступеня пошкодження у видів *S. albus* та *S. orbiculatus*, а також *S. xdoorenbosii* передусім за рахунок збільшення пошкодження саме середньої частини пагона. Проте в останньої форми початковий рівень пошкодження був найменшим, тому і за температури -20°C вона залишилась у групі найстійкіших форм (див. табл. 2).

2. Результати штучного проморожування тканин сніжноягідника

Таксон	Середній показник пошкодження пагонів, бал				
	Контроль, $^{\circ}\text{C}$	за температур під час проморожування, $^{\circ}\text{C}$			
		-15	-20	-25	-30
<i>S. hesperius</i>	15,8	15,8	16,6	18,8	16,6
<i>S. occidentalis</i>	23,5	21,2	20,7	27,0	29,6
<i>S. albus</i>	15,4	18,0	18,3	14,7	28,3
<i>S. rivularis</i>	18,4	14,5	17,6	18,4	28,5
<i>S. xchenaultii</i>	15,7	15,8	15,8	19,8	32,4
<i>S. orbiculatus</i>	18,0	23,3	25,5	32,0	36,9
<i>S. mollis</i>	23,6	23,0	26,6	25,4	30,7
<i>S. xdoorenbosii</i>	13,4	13,2	17,8	20,1	25,9
<i>S. oreophilus</i>	14,3	14,6	13,9	24,5	27,3

Найсильніші пошкодження виникли після дії температур -25°C та -30°C . Для видів *S. albus*, *S. rivularis*, *S. xchenaultii*, *S. orbiculatus* пошкодження збільшилось в 1,5–2,2 рази, однак лише окремі форми мали бал пошкодження, що перевищував або наближався до 50 % рівня у 32,5 бали, який є межею невідворотності пошкоджень.

Як уже зазначалося, серед тканин найвищий рівень пошкодження мала кора, що можливо пов'язано не тільки з низькотемпературним

впливом, але і з критичною втратою води і пошкодженням внаслідок висушування. Про останнє свідчить і відлущування кори при анатомічному аналізі.

Під час вивчення змін у тканинах пагонів залежно від температури, виявлено поступове зростання пошкодження до температури -25°C для більшості (6 з 8) видів (крім *S. orbiculatus*, *S. mollis*). Значне збільшення пошкодження з 15–20 балів до 25–33 балів відбулось лише за температури -30°C . У виду *S. occidentalis* зростання ступеня пошкодження відмічено вже за температури -25°C . За температури -30°C , сумарний бал пошкодження тканин наблизився до небезпечного рівня у 30 балів.

Такий хід температурної залежності ступеня пошкодження вказує на південне походження більшості досліджених видів і переважаючий механізм захисту від низьких температур через синтез та накопичення криозахисних речовин у клітинах тканин. Проте варто ще раз зазначити, що переважна більшість видів сніжнягідників навіть за температури -30°C має сумарний бал пошкодження тканин, що не перевищив 30 балів, тобто нижче 50 % рівня пошкодження. Зареєстрований рівень пошкодження за різних температур проморожування вказує на достатню адаптивну спроможність більшості досліджених видів до умов перезимівлі.

Окремо зазначимо сильне відокремлення кори після проморожування, що може бути наслідком пошкодження камбіальної тканини. Пошкодження камбію найнебезпечніше – рівень його більше 2,0–2,5 бали може викликати відмирання кори, а в подальшому і всього пагона.

За лабораторною оцінкою пошкоджень, найстійкішими виявилися види *S. hesperius*, *S. xdoorenbosi* та *S. oreophilus*. Відміни в оцінці стійкості видів між польовим та лабораторним методами очевидно пов'язані з тим, що вид *S. xdoorenbosi*, а також види *S. xchenaulti* та *S. orbiculatus* мають більшу, порівняно з іншими видами пристосованість до перезимівлі під снігом. Тому, за умов малосніжної зими ризик їх пошкодження морозами значно зростає.

Отже, досвід показує, що під час вивчення зимостійкості сніжнягідників важливо враховувати показники пристосування їх до дії комплексу природних факторів. Умови перезимівлі обумовлені наявністю снігового покриву, а також іншими природними чинниками, що мають тісний зв'язок із розташуванням та захищеністю ділянок, де здійснюється інтродукція того чи іншого виду.

Висновки

1. Методом лабораторного проморожування при температурах -15 , -20 , -25 та -30°C встановлено потенційну адаптивну спроможність більшості досліджених представників роду сніжнягідник (*Symphoricarpos* Duhamel) до дії низьких температур. За температури $-$

30 °C переважна більшість видів роду має сумарний бал пошкодження тканин менше 30 балів із максимально можливих 65.

2. Найчутливішими до низьких температур виявилися тканини верхівок пагонів та міжвузля. Серед тканин найвищий бал пошкодження мала кора. У контрольних зразків кора верхньої частини пагона мала пошкодження від 1,2 до 2,0 балів, у середній частині – 0,5–1,7 бала і при аналізі пошкодження тканин міжвузля та бруньки – 1,4–2,3 бали.

3. Температурна залежність ступеня пошкодження вказує на переважаючий механізм захисту від низьких температур через синтез та накопичення кріозахисних речовин у клітинах тканин, що характерно для видів південного походження. Однак переважна більшість випробуваних рослин видів роду *Symphoricarpos* не досягла 50 % критичного рівня пошкодження тканин навіть за температури –30 °C. Зареєстрований рівень пошкодження за різних температур проморожування вказує на достатньо високий рівень аклімації більшості досліджених видів сніжноягідників та на високий рівень потенційної морозостійкості у першу чергу видів *S. hesperius*, *S. ×doorenbosi* та *S. oreophilus*.

4. Найбільшою фактичною стійкістю (зимостійкістю) в умовах Києва відзначаються види – *Symphoricarpos hesperius*, *S. albus*, *S. oreophilus*, а в окремі роки – *S. occidentalis*, *S. ×chenaultii*, *S. orbiculatus*. Основною причиною дещо пониженої фактичної стійкості одного з найбільш морозостійких видів *S. ×doorenbosi*, а також видів *S. ×chenaultii* та *S. orbiculatus*, очевидно є їхня більша залежність від наявності снігового покриву, який у природних умовах захищає рослини від дії комплексу негативних факторів.

Список літератури

1. Визначення морозостійкості плодових порід лабораторним методом прямого проморожування / Д.В. Потанін, В.В. Грохольський, О.І. Китаєв, М.О. Бублик // Садівництво. – 2005. – Вип. 56. – С. 179–189.
2. Голодрига П.Я. Экспресс-метод и приборы для диагностики морозоустойчивости растений / П.Я. Голодрига, А.В. Соколов // Физиология и биохимия культурных растений. – 1972. – Т. 4, № 6. – С. 650–656.
3. Калиниченко А.А. Оценка адаптации и целесообразности интродукции древесных растений / А.А. Калиниченко // Бюл. ГБС. – 1978. – № 108. – С. 3–8.
4. Китаєв О.І. Диференційний термічний аналіз морозостійкості / О.І. Китаєв // Моніторинг у садівництві; під ред. А.М. Силаєвої. – К.: Аграрна наука, 2001. – С. 118–126.
5. Красавцев О.А. Калориметрия растений / Красавцев О.А. – М.: Наука. – 1972. – 116 с.
6. Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции / П.И. Лапин // Бюл. ГБС. – 1967. – Вып. 65. – С. 13–18.

7. Методы определения морозостойкости винограда и плодовых. Аналит. обзор АН МССР / Институт физиологии и биохимии растений; Отв. ред. М.Д. Кушниренко. – Кишинёв: Штиинца, 1981. – 49 с.

8. Пасичный А.П. Анализ процесса льдообразования в тканях разных по морозоустойчивости древесных растений / А.П. Пасичный, И.Д. Пономарёва, Г.В. Цепков // Физиология и биохимия культурных растений. – 1980. – Т. 12, № 5. – С. 548–553.

9. Соловьёва М.А. Зимостойкость плодовых культур при разных условиях выращивания / Соловьёва М.А. – М.: Колос, 1967. – 239 с.

10. Соловьёва М.А. Методы определения зимостойкости плодовых культур / Соловьёва М.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 36 с.

11. Туманов И.И. Изучение процесса льдообразования в растениях путем измерения тепловых выделений / И.И. Туманов, О.А. Красавцев, Т.И. Трунова // Физиология растений. – 1969. – Т. 16, № 5. – С. 907–916.

12. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений / Туманов И.И. – М.: Наука, 1979. – 352 с.

13. George M.F. The occurrence of deep supercooling in cold hardy plants / M.F. George // Curr. Adv. Plant Sci. – 1976. – Vol. 8, No 3. – P. 349–360.

14. Griffith M. Extracellular ice formation in freezing-tolerant plants / M. Griffith, M. Antikainen // Advances in Low-Temperature Biology. – 1996. – Vol. 3. – P. 107–139.

15. Kacperska A. The role of cell walls in plant responses to low temperature / A. Kacperska // Referaty i donisienia wygloszone na XII ogólnokrajowym seminarium Grupy Roboczej «Mrozoodporność», Poznań. – 2001. – P. 23–24.

16. Kacperska-Palacz A. Mechanisms of cold acclimation in herbaceous plants / A. Kacperska-Palacz // Plant Cold Hardiness and Freezing Stress: Mechanisms and Crop Implications (Li P.H., Sakai A., eds.). – New York: Academic Press. – 1978. – P. 139–152.

17. Kaky S. Low temperature exotherms in xylems of evergreen and deciduous broad-leaved trees in Japan with reference to freezing resistance and distribution range / S. Kaky, M. Iwaya // Ibid. – P. 227–239.

18. Kirilov A. Express-metod of comparative assesment of frost resistance in perennial fruit crops / A. Kirilov, E. Kleiman, S. Serkov, S. Toma // Horticulture and Vegetable Growing. – 1998. – Vol. 17. – No 3. – P. 39–48.

*Приведены результаты изучения зимостойкости растений рода Снежнягодник (*Symphoricarpos Duhamel*), которые испытываются в дендрологических коллекциях ботанических садов Киева. Проведена оценка повреждений тканей однолетних побегов после искусственного промораживания. Выявлены потенциальные возможности приспособления снежнягодников к низким температурам.*

Symphoricarpos Duhamel, снежнягодник, зимостойкость, морозостойкость, промораживание, покой растений

*There are given the results of studing of the winter hardiness of the alien spicies of *Symphoricarpos Duhamel*. in the botanical gardens of Kiev.*

The damage of tissues of 1-year propagules after artificial freezing were estimated. It was determined the potential abilities of the alien species of Symphoricarpos Duhamel. for low temperatures adaptation.

Symphoricarpos Duhamel, Snowberry, Winter-hardiness, frost-resistance, freezing, plants dormancy