

Г.І. СКРИПКА¹, Д.Г. МАКАРОВА², О.І. КИТАЄВ², В.Ф. ГОРОБЕЦЬ¹, Ю.В. БУЙДІН¹

¹ Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України
Україна, 01014 м. Київ, вул. Тімірязєвська, 1

² Інститут садівництва НААН України
Україна, 03027 м. Київ, смт Новосілки

ФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ РОСЛИН *IRIS HYBRIDA* HORT. ДО НЕСПРИЯТЛИВИХ УМОВ ПЕРЕЗИМІВЛІ У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Визначено ступінь зимостійкості рослин *Iris hybrida hort.* у Лісостепу України. Встановлено фізіологічні механізми, які забезпечують аклімацію рослин *Iris hybrida* до умов холодного періоду.

Ключові слова: ірис, зимостійкість, аклімація.

Для успішної інтродукції трав'янистих квітково-декоративних рослин у Лісостеп України важливе значення має рівень їхньої морозостійкості та здатність витримувати різкі коливання температури повітря у зимово-весняний період. Однією з провідних культур у сучасному декоративному садівництві є *Iris hybrida hort.* (рід *Iris* L., родина Iridaceae Juss.). Особливою популярністю користуються сорти із садової групи Борідкових ірисів. За останніми літературними даними, у світі вирощують близько 80 тис. ірисів. Велику селекційну роботу з ірисами проводять у США, Австралії, Росії, Франції, Німеччині, Україні, Італії, Новій Зеландії, Японії та інших країнах.

Сучасні сорти *I. hybrida* є результатом складної гібридизації між видами, які походять з країн Середземномор'я, Малої Азії, Кавказу [12], тому їхня стійкість до несприятливих факторів перезимівлі у північних широтах потребує вивчення.

Низькотемпературний стрес-фактор, який впливає на рослини під час перезимівлі, може спричинити карликовість квітконосів та зміну забарвлення квіток [1, 2, 4, 9, 12, 15].

За даними Г.І. Родіоненка, для генеративних бруньок *I. hybrida* критичними є температури від -7 до -14 °C і нижче (в умовах Ленінградської області — прим. автора) [1, 2, 12]. У зоні Лісостепу України такі від'ємні температури є звичайними, а абсолютний мінімум сягає -41 °C [5, 10]. Із часу створення колекції *I. hybrida* у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України (1946) інтродукційне випробування пройшли сотні сортів. Однак багато з них було втрачено через вплив несприятливих факторів навколишнього середовища, зокрема погодних умов холодного періоду. Так, за дії низькотемпературного стрес-фактора у зимово-весняний період 1996–1997 рр. із 280 сортів повністю загинули 140, переважно селекції 80–90-х років минулого століття. Очевидно, що рослини деяких сортів мали певний потенціал стійкості, який дав їм змогу витримати негативний вплив погодних умов зимово-весняного періоду. Проте фізіологічні механізми, які забезпечили такий рівень адаптації рослин *I. hybrida*, досі не розкрито.

Мета наших досліджень — встановлення фізіологічних механізмів адаптації рослин *I. hybrida* до умов перезимівлі.

Матеріали та методи

Дослідження рослин *I. hybrida* проводили впродовж 2008–2011 рр. у насадженнях колекційного фонду НБС ім. М.М. Гришка НАН України та у лабораторії фізіології рослин Інституту садівництва НААН України. Ми вивчали генеративні бруньки високорослого сорту Sultan's Palace [17]. Це один з найстаріших сортів (1977) колекції, який має високі декоративні та господарсько-цінні якості. Пристосованість рослин цього сорту до умов лісостепової зони України є очевидною, що дало підставу використати його як модельний сорт у наших дослідженнях.

Адаптацію рослин *I. hybrida* до умов перезимівлі вивчали комплексом методів. Польову зимостійкість визначали за Г.І. Родіоненком (1973) [11] та за державною методикою сортовивчення [7]. Аклімаційні процеси, які відбувалися в рослинах під час перезимівлі, досліджували методом диференційного термічного аналізу (ДТА). Характер льодоутворення вивчали за допомогою установки для ДТА. Температуру в камері знижували зі швидкістю 1 °С/хв, діапазон температур становив близько 50 °С (від +10 до -40 °С) [6, 16, 18, 19].

Ґрунт дослідної ділянки сформований штучно [3, 14]. За даними агрохімічної лабораторії НБС ім. М.М. Гришка НАН України, він характеризується слабоекислою реакцією ґрунтового розчину (рН сольової витяжки — 6,5) і високим вмістом гумусу (6,2 %). Спостерігається надлишок сполук фосфору, сірки і марганцю на тлі певного дефіциту магнію та азоту. У цілому ґрунт придатний для вирощування рослин *I. hybrida*. Зимо- та морозостійкість рослини залежить не лише від її генетичних можливостей, а є інтегрованою властивістю, на ступінь прояву якої впливає низка факторів — умови вирощування, живлення, інтенсивність росту і розвитку, сортові особливості тощо.

Одним із найвпливовіших факторів, які обумовлюють той чи інший рівень зимо- та

морозостійкості рослинного організму, є погодні умови зони вирощування, що обов'язково потрібно враховувати при аналізі господарсько-цінних ознак за будь-якого методу оцінки. Погодні умови років досліджень ми аналізували за даними метеорологічного пункту Інституту садівництва НААН України. Зимовий період 2007/2008 рр. був показовим щодо визначення адаптаційних можливостей рослин *I. hybrida* до низьких від'ємних температур. Стійкий перехід до від'ємних температур повітря відбувся 5 листопада. Середньомісячні температури повітрябули стабільно вищими за середньомісячні багаторічні: у грудні — на 2,1 °С, у січні — на 2,6 °С, у лютому — на 4,8 °С. У зиму 2007/2008 рр. зафіксовано кілька морозних періодів з незначним (3–4 см, максимального — 8 см) сніговим покривом або з його повною відсутністю та середньодобовою температурою повітря від -5,8 до -14 °С (абсолютний мінімум дорівнював -16,9 °С), що зумовило промерзання ґрунту на глибину до 50 см.

Зима 2008/2009 рр. характеризувалася стабільно вищими, порівняно з багаторічними показниками, середньомісячними температурами (на 2,0–2,9 °С). Середньомісячна температура повітря у грудні дорівнювала -0,9 °С, у січні — -3,8 °С, у лютому — -2,0 °С. Протягом зими було відзначено кілька тривалих морозних періодів, коли середньодобова температура становила від -8 до -18 °С, а середньодобова мінімальна температура — -22 °С.

Зимовий період 2009/2010 рр., за винятком січня, був характерним для клімату Києва. Середня температура повітря у січні дорівнювала -9,1 °С, що на 3,3 °С нижче за середню багаторічну. Абсолютний мінімум температури повітря становив -26,2 °С, абсолютний мінімум на поверхні ґрунту — -29 °С. Стійкий сніговий покрив установився наприкінці III декади грудня і зберігався до III декади березня. Висота снігу в середньому дорівнювала 18,5 см (максимальна — 37 см). Погодні умови років досліджень

були досить складними для перезимівлі рослин *I. hybrida* і дали змогу повною мірою оцінити їхню адаптивність до умов холодного періоду року.

Результати та обговорення

Досліджувані рослини *I. hybrida* у 2008–2011 рр. характеризувалися достатньою польовою зимостійкістю. На кореневищах не виявлено ознак підмерзання. Відставання у рості і розвитку рослин, незважаючи на складні умови перезимівлі, не спостерігали. Це свідчило про наявність у них потенціалу адаптивності до низькотемпературного стрес-фактора. Визначити механізм їхньої стійкості дав змогу метод ДТА, який допомагає розкрити внутрішньоклітинні зміни, які відбуваються в рослинах під дією несприятливих умов перезимівлі [8, 20]. Такі зміни зумовлені водно-фізичними особливостями рослинного зразка і визначаються за процесом льодоутворення в тканинах останнього. Під час утворення кристалів льоду в тканинах виділяється при-

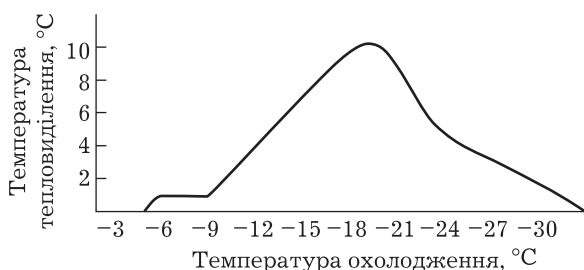


Рис. 1. Екзотерма льодоутворення у тканинах бруньки сорту Sultan's Palace (грудень 2009 р.)

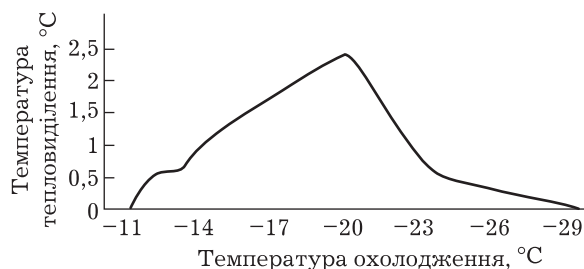


Рис. 2. Екзотерма льодоутворення у тканинах бруньки сорту Sultan's Palace (квітень 2010 р.)

хована теплота, яка реєструється системою приладів у вигляді графіка-термограми льодоутворення. Момент замерзання рослинних тканин є неоднаковим, амплітуда та місце розташування кожного з максимумів тепловиділення на термограмах різні. Отримані графіки аналізують з урахуванням співвідношення окремих смуг (екзотерм) льодоутворення та періоду їх появи [6, 21]. Нерівномірність процесу льодоутворення у різних тканинах дослідних зразків рослин показано на графіках у вигляді трьох максимумів тепловиділення (початкового, основного, або середнього, кінцевого) (рис. 1, 2). Смуга тепловиділення у початковому діапазоні реєструвалася за температури від -5 до -13 °C, здебільшого — за температури від -10 до -24 °C та в кінцевому діапазоні — за температури від -24 до -33 °C. У цілому екзотермічний процес зафіксовано в діапазоні температур від -5 до -33 °C.

Амплітуда і положення максимумів на графіку зумовлюються структурою та особливостями обводнення клітинних стінок. Для досліджуваних рослин характерним є наявність специфічного тепловиділення, яке відображується у вигляді початкового максимуму при охолодженні у діапазоні температур від -5 до -13 °C. Форму цих максимумів та їхнє розташування вперше виявлено у рослин *I. hybrida* [13]. На нашу думку, початковий максимум тепловиділення зумовлений льодоутворенням у тканинах бруньки, тоді як основний та кінцевий максимуми відображують екзотермічний процес при охолодженні листків навколо бруньки.

Діагностичною ознакою адаптації рослин і насамперед генеративних бруньок *I. hybrida* до умов перезимівлі можна вважати співвідношення температур тепловиділення генеративної бруньки та листків, які її оточують. Нами встановлено, що це співвідношення залежить від стану рослин [13]. Так, за роки досліджень у грудні величина співвідношення амплітуд початкового і основного температурних максимумів

рослин сорту Sultan's Palace становила близько 10–20. Після активації ростових процесів (у квітні), і, відповідно, втрати рослинами зимо- та морозостійкості, цей показник достовірно зменшувався до 4–5. Краще пристосовані до низьких від'ємних температур рослини характеризуються більшою величиною співвідношення температур тепловиділення генеративної бруньки і листків навколо бруньки на початку зими.

Об'єктивніше інтенсивність льодоутворення можна оцінити, якщо розрахувати площу під екзотермічною кривою. Така оцінка точніше відображує процеси перерозподілу води у тканинах рослин, спрямовані на захист генеративних органів від несприятливих умов зимово-весняного періоду. Аклімація спричиняє розширення температурного діапазону у тканинах рослин. Льодоутворення у сорту Sultan's Palace під час перезимівлі починається за температури -5°C і закінчується за температури -33°C . Активація ростових процесів супроводжується появою у міжклітинному просторі осмотично активних речовин (цукрів, низькомолекулярних білків). Вони виступають центрами нуклеації льоду у тканинах і органах рослин, удвічі знижуючи початкову температуру льодоутворення. Відповідно, рослини стають менш загартованими до морозних пошкоджень. Водночас зменшується концентрація осмотично активних речовин у клітинах, що пояснює зниження прикінцевої температури екзотермічного процесу модельного сорту до -30°C .

Під час перезимівлі рослини втрачають воду, про що свідчить зменшення амплітуди екзотермічних процесів у 3–4 рази (температура тепловиділення знижується від 10 до $2,5^{\circ}\text{C}$), однак амплітуда низькотемпературного екзотермічного процесу залишається майже без змін (від $0,9$ до $0,6^{\circ}\text{C}$). Це вказує на те, що досліджувані рослини добре утримують залишкову внутрішньоклітинну та внутрішньотканинну воду, необхідну для підтримання життєдіяльності рослинного організму. Рослини сорту Sul-

tan's Palace мають потужний механізм захисту від зневоднення низькими температурами, що пояснює їхню високу адаптаційну здатність до умов перезимівлі у Лісостепу України.

Висновки

Комплексна оцінка зимо- та морозостійкості рослин *I. hybrida* виявила цілком достатній рівень їх аклімації до умов перезимівлі, необхідний для успішної інтродукції цієї культури у лісостепову зону України.

Високий рівень пристосування рослин модельного сорту Sultan's Palace до перезимівлі забезпечується двома основними механізмами: здатністю запобігати пошкодженню внутрішньоклітинним льодом за рахунок ранньої нуклеації льодоутворення у міжклітинному просторі, а також здатністю ефективно утримувати залишкову кількість внутрішньоклітинної і внутрішньотканинної води, запобігаючи зимовому висиханню.

На основі отриманих результатів дослідження рослин модельного сорту Sultan's Palace нами встановлено фізіологічні механізми, які визначають адаптивний потенціал рослин до умов холодного періоду. Це дасть змогу на ранніх етапах сортовивчення визначати зимо- та морозостійкість інтродукованих сортів до умов перезимівлі з метою відбору кращих з них для селекції та ландшафтного будівництва.

1. Белякова Л. Ирис бородатый. Влияние низькотемпературного стресса и адаптация к нему // Бюл. Рос. о-ва ириса. — 2011. — Вып. 19. — С. 47–54.
2. Белякова Л. Опять об ирисах бородатых // Там же. — 2012. — Вып. 20. — С. 36–47.
3. Билык М.В. Изменение агрохимических показателей почв при интенсивной культуре цветочно-декоративных растений // Агрохимические и почвенные исследования в ботанических садах. — Апатиты, 1988. — С. 4–8.
4. Блэк П. В поисках морозостойких пликат // Бюл. Рос. о-ва ириса. — 2005. — Вып. 13. — С. 54–56.

5. *Клімат України* / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. — К.: Вид-во Раєвського, 2003. — 345 с.

6. *Макарова Д.Г., Китаєв О.І.* Застосування методу диференційного термічного аналізу для дослідження процесів льодоутворення в різних органах плодів рослин // Проблеми моніторингу у садівництві. — К.: Аграрна наука, 2003. — С. 135–145.

7. *Методика* государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 6-й. Декоративные культуры. — М.: Колос, 1968. — С. 106–109.

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

9. *Пирогов Ю.* Заметки о зимостойкости // Бюл. Рос. о-ва ириса. — 1993. — Вып. 1. — С. 13–15.

10. *Природа Украинской ССР. Климат.* — К.: Наук. думка, 1984. — 231 с.

11. *Родионенко Г.И., Скрипченко А.Ф.* Многолетники и мороз // Цветоводство. — 1973. — № 1. — С. 12–13.

12. *Родионенко Г.И.* Ирисы. — СПб.: ООО «Диамант» — Агропромиздат, 2002. — 192 с.

13. *Скрипка Г.І., Макарова Д.Г., Китаєв О.І.* Особливості процесів льодоутворення в *Iris hybrida hort.* // Актуальні проблеми ботаніки та екології. Матеріали Міжнар. наук. конф. молодих учених (9–13 серпня 2011 р., м. Березне, Рівненська обл., Україна). — К.: ТОВ «Лазурит-Поліграф», 2011. — С. 130–131.

14. *Собко В.Г., Гапоненко М.Б.* Інтродукція рідкісних і зникаючих рослин флори України. — К.: Наук. думка, 1996. — 284 с.

15. *Степанов В.* Ирисы и мороз // Бюл. Рос. о-ва ириса. — 2004. — Вып. 12. — С. 44–45.

16. *Ben M.* Effect of rootstocks on mineral element concentration in 'Gloster' apples // Apple rootstocks for intensive orchards. — Warszawa, 1999. — P. 13–14.

17. *Iris check list of Registered Cultivar Names 1970–1979* / Ed. by K. K. Nelson. — The American Iris Society, Wichita, Kansas, 1981. — 370 p.

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

19. *Kaku S., Iwaya M.* Low temperature exotherms in xylems of evergreen and deciduous broad-leaved trees in Japan with reference to freezing re-

sistance and distribution range / P.H.Li and A.Sakai (eds.). Plant cold hardiness and freezing stress: Mechanisms and crop implications. — New York: Academic, 1978. — Vol. 1. — P. 227–239.

20. *Kytayev O., Solovyova M., Shevchuk M.* The investigation of ice-forming processes in different fruit plants organs // Referaty i donisienia wygloszone na XI ogólnokrajowym seminarium Grupy Roboczej «Mrozoodporność». — Poznan, 1999. — P. 153–157.

21. *Rajashekar C., Westwood M.N., Burke M.J.* Deep supercooling and cold hardiness in genus *Pyrus* // J. Amer. Soc. Hort. Sci. — 1982. — 107. — P. 968–972.

Рекомендував до друку П.А. Мороз

*А.І. Скрипка*¹, *Д.Г. Макарова*²,
*О.І. Китаєв*², *В.Ф. Горобець*¹, *Ю.В. Буйдін*¹

¹ Національний ботанічний сад
ім. Н.Н. Гришко НАН України,
Україна, г. Київ

² Інститут садоводства НААН України,
Україна, г. Київ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ *IRIS HYBRIDA* HORT. К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ УСЛОВИЯМ ПЕРЕЗИМОВКИ В ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Определена степень зимостойкости растений *Iris hybrida hort.* в Лесостепи Украины. Установлены физиологические механизмы, которые обеспечивают акклимацию растений *Iris hybrida hort.* к условиям холодного периода.

Ключевые слова: ирис, зимостойкость, акклимация.

*G.I. Skrypka*¹, *D.G. Makarova*²,
*O.I. Kytayev*², *V.F. Horobets*¹, *Y.V. Buidin*¹

¹ М.М. Gryshko National Botanical Gardens,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

² Institute of Horticulture, Ukrainian Academy
of Agrarian Sciences, Ukraine, Kyiv

PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF ADAPTATION TO ADVERSE WINTER CONDITIONS OF *IRIS HYBRIDA* HORT. IN THE UKRAINIAN FOREST-STEPPE

The degree of winter hardiness of *Iris hybrida hort.* in Forest-Steppe of Ukraine was determined. Physiologic mechanisms that enable hardening of *Iris hybrida hort.* plants for cold weather conditions were studied.

Key words: iris, winter hardiness, acclimation.