

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОХОДЖЕННЯ ЕКЗОТЕРМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СТЕБЛАХ ОЖИНИ (*Rubus cecisus* L.)

**О.В. Сердюк**, аспірант\*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБіПУ)*

**О. І. Кутяев**, кандидат біологічних наук

*Інститут садівництва УААН (ІС УААН)*

**Вступ.** Ягоди ожини багаті на речовини, необхідні для функціонування людського організму. Завдяки гармонійному поєднанню цукрів та органічних кислот, а також багатому вмісту вітамінів та мінеральних речовин, вони мають високі харчові і лікувальні властивості. Тому ця культура посідає вагому частку в обсязі виробництва ягід у країнах Західної Європи та Південної Америки.

Незважаючи на цінність ягід ожини, її насадження в Україні майже відсутні. Причиною цього є недостатня морозо- та зимостійкість більшості європейських і американських сортів, особливо в умовах Полісся та Лісостепу, де зимовий період характеризується не лише сильними пониженнями температури, а й різкими перепадами.

Стійкість рослин до морозу традиційно пов'язують зі здатністю клітин витримувати зневоднення позаклітинним льодом. Вивчення цього явища дає змогу з'ясувати причини загибелі рослин від морозів та розробити методи діагностики їхньої зимо- та морозостійкості. Для

оцінки використовують метод диферент-ційно-термічного аналізу (ДТА) процесів льодоутворення в органах і тканинах [1- 5]. За допомогою цього методу отримують термограми, що відтворюють динаміку теплових процесів, які супроводжують агрегатні перетворення води у тканинах при заморожуванні. Останнім часом інтенсивно вивчається інший механізм стійкості, заснований на збереженні у клітинах переохолодженої води [1, 6, 7]. Розвиток морозостійкості та її втрата істотно пов'язані зі змінами стану води у тканинах плодових рослин у холодний період року. Загартування їх супроводжується втратами води і водночас збільшенням водоутримувальної здатності [1, 8, 9].

Особливістю сортів ожини групи росянок, до яких належать такі досліджувані сорти і форми, як Торнфрі (к), Орегон Торнлесс, Г-0-1-13, Г-0-2-20, Г-0-2-22 та Тейбері, є перебування у зимовий період води у клітинах та міжклітинних просторах тканин у вільному стані. За різкого зниження температури

вона замерзає, кристали льоду руйнують клітини і тканини [10].

За допомогою диференційно-термічного аналізу можна відстежувати зміни воднофізичних властивостей тканин. Це дає змогу не тільки контролювати аклімаційні процеси, але й визначати особливості висушування стебел, а також відмічати згубну дію замерзлої вільної води [1].

Методика. Об'єктами досліджень були річні стебла семи сортів та гібридних форм ожини: Торнфрі (контроль для групи росянок американської селекції), Орегон Торнлесс (американської селекції), Агавам (належить до групи куманік, американської селекції), Г-0-1-13, Г-0-1-20, Г-0-2-22 (гібридні форми селекції кафедри садівництва НАУ, селекціонер Шеренговий П.З.); малиново-ожиниовий гібрид Тейбері (шотландської селекції).

Зразки стебел відбирали з дослідних насаджень ожини дворічного віку, які знаходяться у дослідному саду кафедри садівництва НАУ. Рослини групи росянок висаджені за схемою 2,0 x 2,5 м, а сорту Агавам - 1,0 x 2,5 м (з віком за рахунок корневих паростків проміжки між рослинами заповнювалися і насадження формували у вигляді смуги шириною 0,5 м).

Погодні умови осені 2007 р. характеризувалися такими параметрами: середня температура вересня становила 9,5°C, сума опадів - 43,3 мм; жовтня - 4,9°C і 24,5; листопада - мінус 2,2°C і 94,2 мм відповідно. Перехід до мінусових температур відбувався поступово. Перетин ртутним стовпчиком межі 0°C був зафіксований 5-го листопада з наступним поступовим зниженням температури повітря. Найнижча температура відмічалася 20-го листопада і становила мінус 9°C.

Характер льодоутворення вивчали за допомогою приладу, спеціально створеного для диференційно-термічного аналізу (ДТА) [4]. Датчиками температури служили хромель-копелєві термопари. Одну з них вводили у центр серцевини стебла, на глибину 5-8 мм, іншу - у зразок-еталон. Як індиферентний еталон використовували парафінову пластину, за розмірами та формою близькими до розмірів зразка. Термопари вмикали полюсами назустріч одна-одній. Сигнал подавали на вхід "Y" високочутливого

потенціометра Н-307 з двома координатами. За допомогою ще однієї термопари вимірювали температуру у камері охолоджувача. Сигнал від цієї термопари подавався на вхід "X" того ж потенціометра.

Для аналізу льодоутворення брали зразки із середньої частини стебла, довжиною 10-15 мм.

Під час аналізу зразки охолоджували у двокаскадному напівпровідниковому мікрохолодильнику типу ТЛМ-2, температуру знижували з постійною швидкістю (ГС/хв.) у діапазоні від плюс 10 до мінус 40°C. При льодоутворенні виділялася прихована теплота, яка вимірювалася як різниця сигналів від термопар, викликаних підвищенням температури досліджуваного зразка відносно еталону, що не містить води.

Результати досліджень. Методом ДТА вивчали особливості льодоутворення в тканинах стебел ожини, при цьому особливу увагу звертали на діагностичні показники, що характеризують аклімацію (загартування, яке забезпечує більшу морозостійкість):

- початок льодоутворення (температура ініціації замерзання);
- температурний діапазон льодоутворення (від початку до кінця);
- амплітуда високотемпературної (ВТЕ) і низькотемпературної (НТЕ) екзотерми у флоемі, їхнє співвідношення;
- ВТЕ та НТЕ у ксилемі;
- температура екзотерми (ТЕ).

Льодоутворення у різних тканинах зразка відбувається нерівномірно, тому на екзотермах присутні декілька максимумів, амплітуда і положення яких значною мірою визначається воднофізичними властивостями [4].

У діапазоні температур від мінус 2-3°C до мінус 30-35°C на термограмах спостерігали смуги тепловиділення: високотемпературна екзотерма в діапазоні мінус 2-10°C відображала льодоутворення у макрокапілярах та судинах ксилеми, а інша смуга тепловиділення - опосередковане льодоутворення у клітинах флоєми.

У більшості випадків на термограмах стебел ожини відмічали тепловиділення і за нижчих температур - у діапазоні мінус 25-35°C (низькотемпературна екзотерма). Воно обумовлено

льодоутворенням у мікрокапілярах ксилеми. Крім того, характерною ознакою екзотермічних процесів у стеблах ожини є наявність практично на всіх екзотермах окремого гострого піка, який свідчить про льодоутворення у ; тканинах бруньок (рис. 1), тобто вода в них у достатньо активному стані.

Проведено порівняльне визначення акліматійних процесів у стеблах сортів і гібридних форм ожини різних за морфологією, особливостями росту. Аналіз процесів льодоутворення у період загартування рослин ожини (набуття морозостійкого стану під впливом пониження температури навколишнього середовища) виявив більш ранній початок льодоутворення у верхній частині стебла (рис. 2). Для гібридів, що належать до групи росянок, у період загартування рослин (грудень) відмічено значну варіабельність характеру екзотермічних процесів, передусім у високотемпературному діапазоні (рис. 1 Г). Найнижчою температурою ініціації льодоутворення ( $-17^{\circ}\text{C}$ ) відзначалися стебла гібридної форми 0-1-20, а для форми 0-1-13 вона становила мінус  $14,7^{\circ}\text{C}$ . Найвищою температурою ініціації ( $+9,3^{\circ}\text{C}$ ) характеризувалася гібридна форма 0-2-22. При цьому стебла форми 0-1-20 відрізняло чітко виражене відокремлення високотемпературної екзотерми ксилеми від екзотерми флоєми. Останнє свідчить про незавершеність процесів визрівання, що візуально відмічалось у затягуванні ростових процесів, трав'янистому вигляді верхівок пагонів та зеленому забарвленні кори у кінці вегетації. Інтенсивний початковий пік льодоутворення свідчить про наявність достатньої кількості вільної води і надзвичайно слабку адаптацію рослин цих форм до перенесення низьких температур.

Гібридна форма 0-2-22 мала вищу температуру ініціації льодоутворення мінус  $9,3^{\circ}\text{C}$  і найнижчу амплітуду фронту плюс  $0,3^{\circ}\text{C}$ , що свідчить про достатній рівень акліматії її стебел. Однак, інтенсивний пік льодоутворення у тканинах бруньки свідчить про достатню їхню функціональну активність і низьку морозостійкість (рис. 3).

У сорту Торнфрі, який є контролем для групи росянок, початок льодоутворення відмічався у діапазоні мінус 3-

$18^{\circ}\text{C}$ , при цьому ВТЕ мала незначну амплітуду в межах  $1-1,5^{\circ}\text{C}$ , вузький температурний інтервал (до  $5^{\circ}\text{C}$ ), а також достатньо широкий інтервал льодоутворення стебла в цілому мінус  $21-23^{\circ}\text{C}$  (рис. 1 А). Варіабельність температури ініціації зумовлювала спорадичність початку нуклеації (початок льодоутворення при швидкому охолодженні) в тканинах ксилеми.

Для верхівкової частини стебла також характерна достатньо висока температура ініціації льодоутворення ( мінус  $5,5-6,5^{\circ}\text{C}$ ), але його діапазон у ксилемі був значно вузьким (у межах  $1,8-2,2^{\circ}\text{C}$ ). Діапазон льодоутворення стебла у цілому також був меншим і становив мінус  $20^{\circ}\text{C}$ . Зарєстровано значно більшу амплітуду екзотермічних процесів у середній частині стебла, передусім у флоємі та в низькотемпературній ділянці спектру льодоутворення. Це зумовлено, насамперед, недостатньою розвиненістю тканин у верхній частині стебла порівняно із середньою і більшими втратами води (рис. 2).

Для стебел сорту Агавам характерний більш низький початок льодоутворення у середній ( $-11^{\circ}\text{C}$ ) та верхній ( $-8,5^{\circ}\text{C}$ ) частинах. Діапазон льодоутворення для середньої частини стебла становив мінус  $20^{\circ}\text{C}$ , а верхньої - мінус  $18-19^{\circ}\text{C}$ . Льодоутворення відрізнялося на 30-40% більшою інтенсивністю тепловиділення порівняно із сортом Торнфрі, передусім на початкових етапах екзотермічного процесу ВТЕ. Це може бути зумовлено більше сформованими покривними тканинами стебла, внаслідок чого відбувалися менші втрати води. Зафіксовано і достатньо широкий діапазон льодоутворення ВТЕ (у межах  $3,5-4,5^{\circ}\text{C}$ ) як для верхньої частини стебла, так і для середньої (рис. 2 Б).

Як діагностичні показники акліматії рослин ожини за першим компонентом морозостійкості можна запропонувати діапазон льодоутворення у ксилемі ВТЕ і стебла в цілому, а також співвідношення амплітудних показників екзотермічних процесів ВТЕ у ксилемі та флоємі [2].

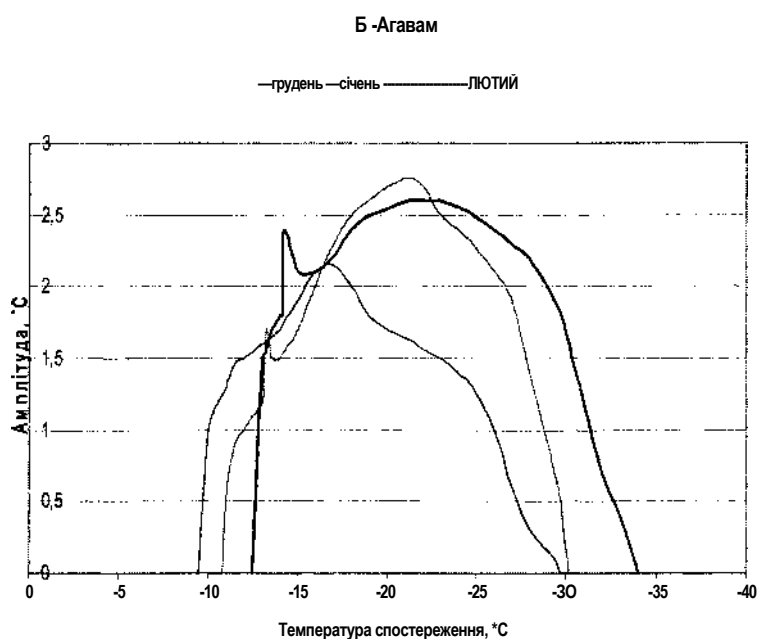
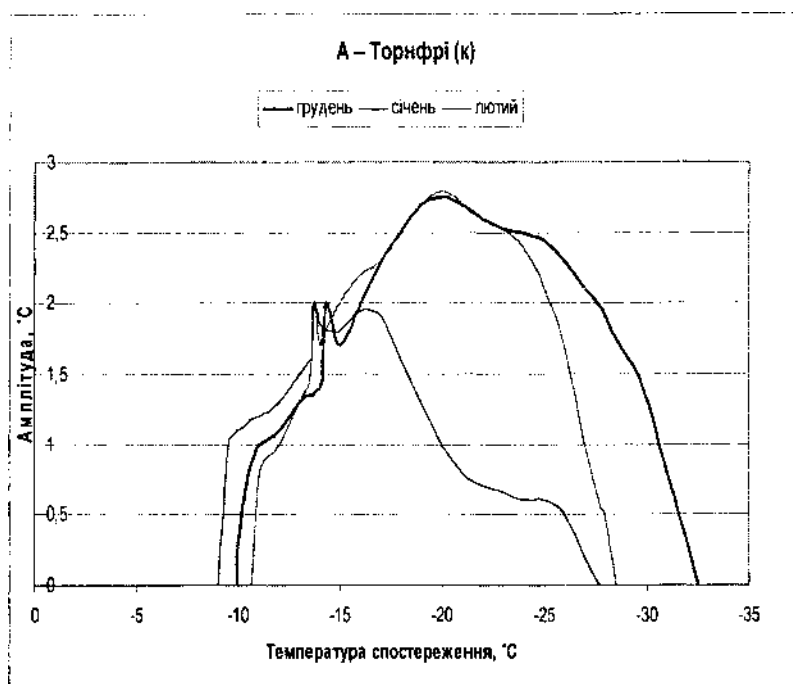
Аналіз льодоутворення у стеблах у 3-й декаді січня (період глибокого спокою рослин) виявив значні втрати води, що перетворювалася у лід, а

особливо значні вони були для сорту Торнфрі. У цей період амплітуди льодоутворення зменшилося на 50-80% для сорту Торнфрі та інших досліджуваних форм групи росянок; для сорту Агавам воно було в межах 30-40% від контролю (рис. 1 Б). Спостерігалось зменшення температурного діапазону стебла в цілому у сорту Торнфрі на 3-4, а Агавам - на 1,5-2°C (рис. 1 А, Б).

У період глибокого спокою для стебел гібридних форм характерне зростання температури ініціації на 2-5°C, а також збільшення температурного діапазону ВТЕ на 1-1,5°C, що свідчить про

поступове загартування рослин низькими температурами. При цьому у гібридній формі 0-2-22 екзотерми бруньок не були зареєстровані, що свідчить про перехід їх у стан спокою.

Порівняння екзотерм у перший та другий періоди виявило розвиток акліматизаційних процесів у тканинах стебел, що відбувався за рахунок зменшення кількості води в мікро- та макрокапілярах ксилеми та паренхімних клітинах флоєми (контролюється за амплітудою низькотемпературної екзотерми в ксилемі), що знижує ризик пошкодження тканин льодом (рис. 1 А-Г, січень).



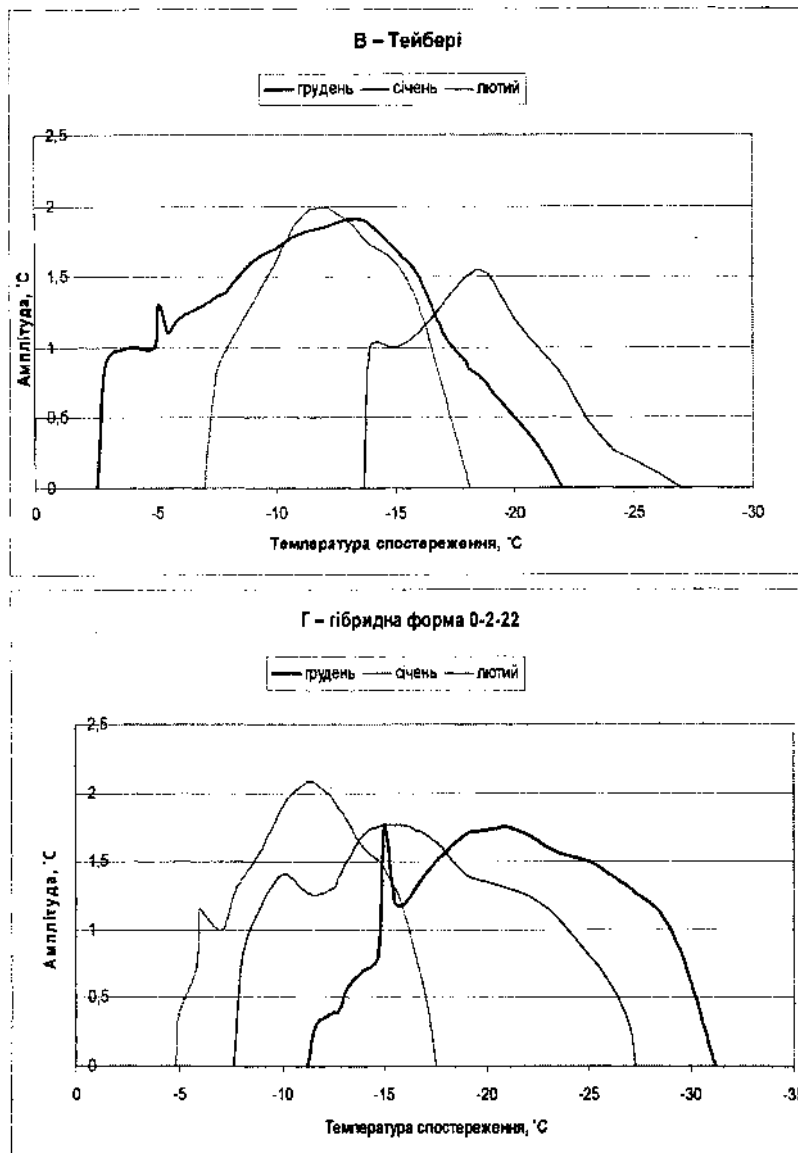
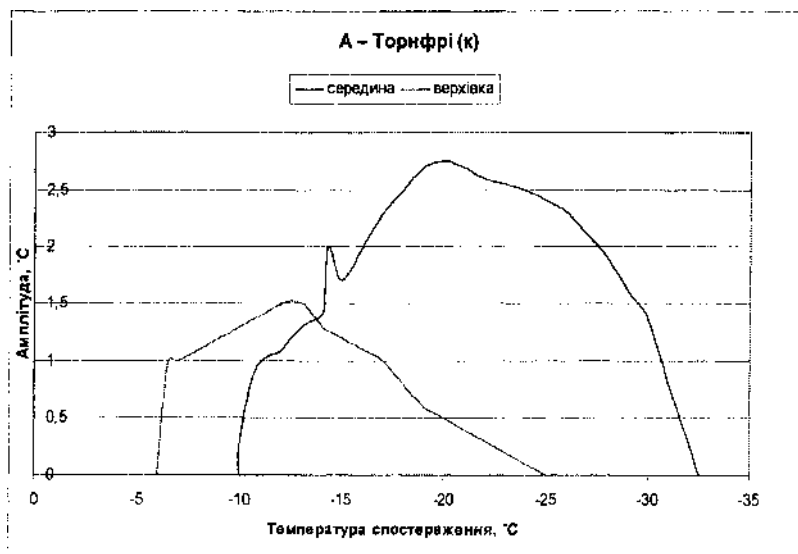


Рис. 1. Екзотерми льодоутворення у середній частині стебел ожини: А - сорт Торнфрі, Б - сорт Агавам, В - малиново-ожиниий гібрид Тейбері, Г - гібридна форма 0-2-22



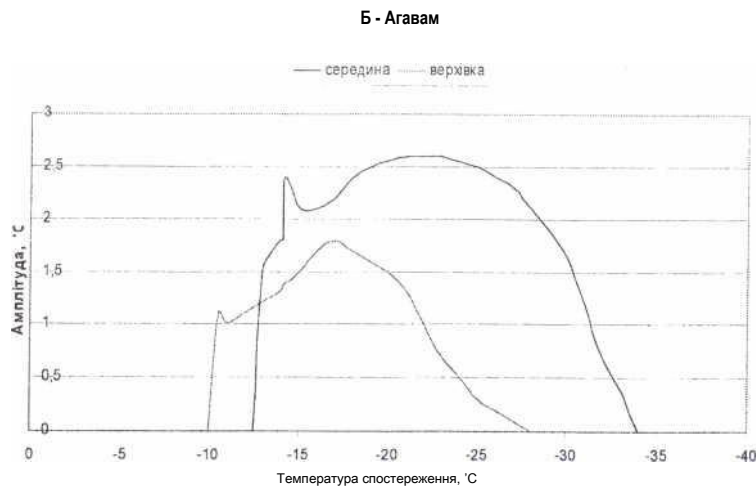


Рис. 2. Екзотерми льодоутворення у середній та верхній частинах стебел ожини (грудень): А - сорт Торнфрі, Б - сорт Агавам.

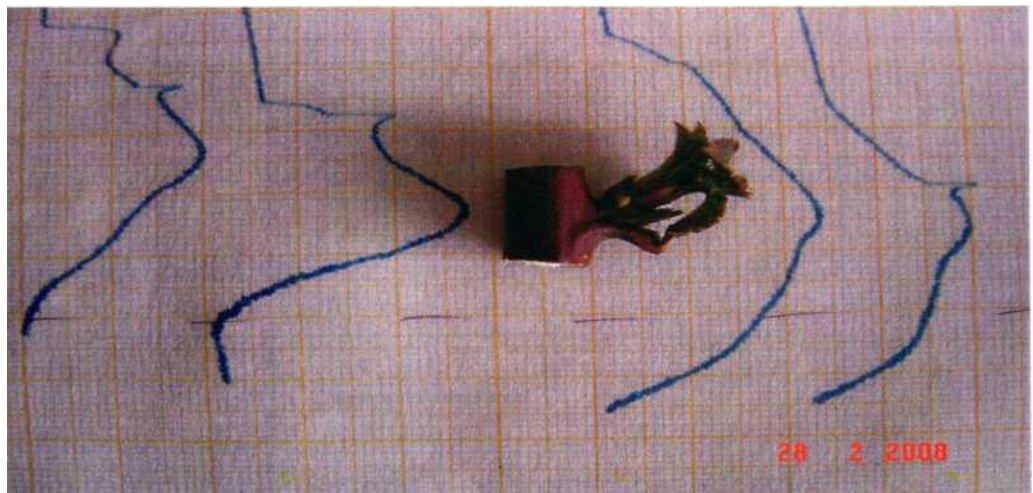


Рис. 3. Відрізок стебла гібридної форми 0-2-22 з брунькою та екзотерми льодоутворення.

Під час вимушеного спокою відбувається втрата аклімації стеблами ожини, продовжує скорочуватись температурний діапазон льодоутворення на 1-2°C для всіх сортів і відбувається зростання амплітуди екзотермічного процесу передусім у ВТЕ, що свідчить про накопичення у тканинах слабозв'язаної води, яка переходить у лід і збільшує ризик їх пошкодження (таблиця).

У стебел досліджуваних гібридних форм у період вимушеного спокою продовжувалося підвищення температури

ініціації до мінус 2-4°C, що може бути зумовлено втратою води за рахунок її випаровування через недостатньо спормо-вані покривні тканини. Температура спостереження НТЕ зростала на 6-10°C і зумовлювала зниження потенційної морозостійкості тканин ксилеми.

**Висновки.** Дослідження процесів льодоутворення в тканинах стебел сортів і форм ожини виявило особливості їхніх водно-фізичних властивостей, які проявлялися, передусім, у наявності на всіх температурних екзотермах піку утворен

Параметри екзотермічних процесів у стеблах ожини

Назва сортів, гібридів і форм	Температура спостережень, °С			Температурний діапазон, °С				Амплітуда екзотерми, °С			
	Т ініціації	t max		t НТЕ	ВТЕ	НТЕ	ТЕ пагона	фронту	max ВТЕ	max ТЕ флоєми	НТЕ
		ксилеми	флоєм								
<b>Грудень, 2007 р.</b>											
Торнфрі (к)	-6,7	-8,7	-16,2	-24,6	5,3	9,9	23,8	0,7	1,4	2,1	2,0
Торнфрі (верхівка)	-6,1	-7,2	-13,8	-18,5	2,2	9,4	19,5	0,9	1,2	1,6	1,4
Орегон Торнлесс	-14,1	-14,5	-19,5	-26,7	1,9	7,8	17,5	1,5	1,5	1,9	1,7
Агавам	-12,7	-15,3	-20,9	-26,1	4,2	10,3	21,2	1,5	1,5	2,3	2,3
Агавам (верхівка)	-10,3	-11,8	-17,9	-22,5	2,9	8,4	18,8	0,7	1,0	1,6	1,1
<b>Г-0-1-13</b>	-14,7	-15,9	-19,0	-22,8	2,5	8,6	17,6	1,2	1,3	1,6	1,1
Г-0-1-20	-17,0	-17,5	-22,7	-28,1	2,1	8,3	15,8	0,6	0,7	1,2	1,1
Г-0-2-22	-9,3	-10,7	-15,9	-25,4	2,3	8,7	20,6	0,3	0,6	1,6	1,1
Тейбері	-6,9	-8,6	-15,4	-22,7	2,8	7,9	20,3	0,7	1,0	1,9	1,2
<b>Січень, 2008 р.</b>											
Торнфрі (к)	-9,3	-10,8	-16,3	-23,2	2,9	7,2	18,2	0,9	1,2	1,8	0,6
Орегон Торнлесс	-11,0	-12,2	-17,4	-21,5	2,4	6,7	16,2	1,0	1,2	1,8	1,3
Агавам	-8,9	-11,2	-16,2	-23,7	4,2	7,1	19,5	0,8	1,4	1,9	1,0
Г-0-1-13	-7,7	-10,4	-15,3	-15,6	3,5	8,9	19,7	0,9	1,3	2,5	1,8
Г-0-1-20	-11,0	-14,0	-18,1	-17,0	4,1	8,4	17,3	0,8	1,4	2,2	2,1
Г-0-2-22	-8,5	-11,4	-16,4	-17,6	4,6	7,7	18,4	0,7	1,4	1,8	1,4
Тейбері	-12,2	-13,2	-17,8	-22,9	1,9	6,5	14,8	0,7	0,9	1,3	0,5
<b>Лютий, 2008 р.</b>											
Торнфрі (к)	-11,6	-12,8	-19,8	-25,5	4,0	6,4	17,8	0,8	1,0	2,5	2,0
Орегон Торнлесс	-12,1	-13,2	-21,5	-26,0	4,6	6,9	17,6	1,0	1,2	2,6	2,0
Агавам	-10,1	-11,9	-20,3	-24,8	3,6	6,8	19,3	0,9	1,3	2,5	2,0
Г-0-1-13	-4,3	-4,7	-9,6	-12,5	1,7	3,6	10,6	0,9	1,1	2,6	1,9
Г-0-1-20	-2,0	-5,8	-10,6	-15,6	4,9	6,3	16,1	0,6	1,6	2,6	1,5
Г-0-2-22	-2,0	-4,2	-9,0	-11,5	3,3	4,6	13,5	0,5	1,1	2,0	1,1
Тейбері	-4,8	-8,7	-12,1	-14,9	2,3	4,5	12,7	0,6	0,9	1,6	1,0

ня льоду у бруньках, що свідчила про недостатню аклімацію, обумовлену функціональною активністю тканин.

Як діагностичні показники, що характеризують процеси аклімації, пропонуємо визначати температурні діапазони льодоутворення стебел у цілому, а також співвідношень інтенсивності екзотермічних процесів у флоемі та ксилемі і амплітуд ВТЕ та НТЕ.

На основі результатів ДТА стебел ожини досліджувані сорти і форми можна поставити у такий ряд зимостійкості (за зниженням): Агавам, Торнфрі, Г-0-2-22, Орегон Торнлесс, Тейбері, Г-0-1-13, Г-0-1-20. Дана тенденція до зниження зимостійкості підтвердилася результатами прямого проморожування стебел ожини.

### Використана література:

1. Андрусик, Ю. Ю. Порівняльна оцінка стійкості сортів малини до зимового висушування. / Ю. Ю. Андрусик, О. П. Лушпіган, О. І. Китаєв. // Садівництво. - 2005. № 57. - С. 491-497.

2. Kaku, S. Low temperature exotherms in xylems of evergreen and deciduous broad-leaves trees in Japan with reference to freezing resistance and distribution range. In: P.H.Li and Sakai (eds.). / S. Каки, М. Iwaya // Plant cold hardiness and freezing stress. Mechanisms and crop implications. - New York. 1978. - Vol. 1. Academic. - P. 227-239.

3. Соловьёва, М. А. Атлас поврежденных плодовых и ягодных культур морозами. / М. А. Соловьёва - К.: Урожай, 1988. - 48 с.

4. Соловьёва, М. А. Физиологические основы формирования морозоустойчивости плодовых растений и защита от зимних повреждений. / М. А. Соловьёва. // Сельскохозяйственная биология. - 1983. - № 7. - С. 108-113.

5. Каримова, Ф. Г. Роль клеточной оболочки в водообмене растительных клеток. / Ф. Г. Каримова, Н. В. Гусев, Н. В. Кузьмичёва. // Физиология и биохимия культурных растений. - 1980. - Т. 12, № 3. - С. 285-290.

6. Kytayev, O. The investigation of ice-forming processes in different fruit plants organs. / O. Kytayev, M. Solovyova, M. Shevchuk. // Referaty i donisiermie

wyglaszony na XI ogólnokrajowym sympozjum Grupy Roboczej "Mrozoodporność".

- Poznań, 1999. - P. 153-157.

7. Эгеди, Й. Й. Переохлажденная вода в древесине яблони в связи с изменением морозоустойчивости. / Й. Й. Эгеди, Л. П. Теркулова, М. М. Тюрин [и др.]. // Физиология растений. - 1990. - Т. 37, вып. 4. - С. 774-780.

8. Warmund, R.M. Supercooling in "Darrow" Blackberry Buds. / R. M. Warmund, F. M. George, G. B. Cumbie. // Journal of the American Society for Horticulture Science. - 1988. - Vol. 113, № 3, - P. 418-422.

9. Красавцев, О. А. Переохлаждение как способ адаптации растений к отрицательным температурам. / О. А. Красавцев. // Успехи современной биологии. - 1980. - Т. 100, вып. 3, № 6. - 450 с.

10. Warmund, R. M. Susceptibility of blackberry tissues to Freezing Injury after Exposure to 16C. / R. M. Warmund, F. M. George, R. M. Eilersieck, V. J. Slater. // Journal of the American Society for Horticulture Science. - 1989. - Vol. 114. №5. - P. 795-800.

УДК 58.036.5:634.713 Сердюк О. В., Китаєв О. І. Особливості проходження екзотермічних процесів у стеблах ожини (*Rubus cecisus* L.) // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. - К, 2008. - № 2 (8).

За допомогою диференційно-термічного аналізу у зимовий період визначено особливості перебігу процесу льодоутворення у стеблах семи сортів і форм ожини. Встановлено, що на основі даних про проходження екзотермічних процесів у тканинах можна контролювати розвиток їхньої морозостійкості та втрату її внаслідок зневоднення.

Ключові слова: сорти і гібриди ожини, диференційно-термічний аналіз, морозостійкість та зимостійкість ожини, екзотермічні процеси у тканинах стебел, процеси аклімації.

УДК 58.036.5:634.713 Сердюк О. В., Китаєв О. І. Особенности прохождения экзотермических процессов у стеблях ежевики (*Rubus cecisus* L.) // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. - К, 2008. - № 2 (8).



С помощью дифференциально-термического анализа в зимний период определены особенности прохождения процесса льдообразования в стеблях семи сортов и форм ежевики. На основании данных о прохождении экзотермических процессов в тканях установлено, что развитие их морозоустойчивости и её потери вследствие обезвоживания можно контролировать. УДК 58.036.5:634.713 Serdyuk O., Kytaev O. The peculiarity evaluation of exothermal processes in

blackberry stems (*Rubus cecisus* L.) // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. - К., 2008. - № 2 (8).

The peculiarities of ice-forming in the stems of 7 cultivars and forms of blackberry have been determined by means of the differential thermal analysis. The authors have established the possibility of controlling the acclimation and loss of frost-resistance by tissues caused by dehydration. The control is possible on the basis of the data about exothermal processes in the tissues.

\* Науковий керівник - кандидат сільськогосподарських наук, доцент Сіленко В. О.