

УДК 632.111:634.23

**ОЦЕНКА ЗИМОСТОЙКОСТИ
СОРТОВ ВИШНИ МЕТОДОМ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО
ТЕРМИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА**

Кривошапка Виктория Алифармановна
канд. с.-х. наук
зав. лабораторией
физиологии растений
и микробиологии
e-mail: vika.sad@list.ru

*Институт садоводства
НААН Украины, Киев*

Зимостойкость плодовых растений, необходимо рассматривать как генетически обусловленное свойство, реализация которого зависит от физиологического состояния деревьев в процессе выращивания, а также от фотосинтетической активности листового аппарата. Развитие морозостойкости и потеря этого свойства существенно связаны с изменениями состояния воды в тканях плодовых растений. Для оценки изменений водного баланса все чаще используют дифференциальный термический анализ (ДТА) процессов льдообразования в органах и тканях растений. Цель нашей работы – проанализировать ряд сортов вишни на зимостойкость с помощью метода ДТА, предусматривающего анализ термограмм льдообразования в тканях изучаемых растений. Объектами нашего исследования были однолетние приросты и почки на деревьях 10 сортов вишни в насаждениях 1997 года посадки. Определение экзотермических процессов в побегах деревьев вишни с генеративными почками выполняли в разные периоды зимы. Полученные данные анализа льдообразования с помощью термографического метода позволили четко выявить особенности

UDC 632.111:634.23

**EVALUATION OF CHERRY
WINTER HARDINESS
USING THE METHOD
OF DIFFERENTIAL THERMAL
ANALYSIS**

Krivoshapka Victoria
Cand. Agr. Sci.
Head of Laboratory
of Physiology of plants
and Microbiology
e-mail: vika.sad@list.ru

*Institute of Horticulture
NAAS of Ukraine, Kiev*

Winter hardiness of fruit plants must be regarded as genetically determined property, the implementation of which depends on the physiological state of trees in the process of cultivation, and also from photosynthetic activity of leaves. The development of frost resistance and the loss of this property is significantly associated with changes of water state in the fruit plants tissues. For assessment of changes in water balance are increasingly using a differential thermal analysis (DTA) of ice formation processes in the organs and tissues of plants. The aim of our work is to analyse a number of cherry cultivars for winter hardiness using the DTA method providing for the thermal analysis of ice formation in the tissues of studied plants. The objects of our study were one-year shoots and buds on the trees of 10 cherry cultivars in the orchards of 1997 planting. Definition of exothermic processes in the shoots of cherry trees with generative buds was carried out in the different periods of winter. The data obtained of the analysis of ice formation by thermographic method allowed to clearly identify the features of heat dissipation in the shoot's tissues of cherry cultivars with different frost resistance.

тепловыделения в тканях приростов сортов вишни разных по морозостойкости. Отмечено, что при выходе растений из состояния покоя происходят изменения водно-физических параметров тканей, сопровождающиеся углублением фронта льдообразования у большинства сортов на 1-6 °С. Проведенный нами комплексный анализ позволил разделить исследуемые сорта вишни на группы по зимостойкости: высокоустойчивые сорта – Альфа и Тургеневка; сорта со средней устойчивостью – Радость, Фаворит, Ночка, Норд Стар, Подбельская, и сорта с низкой зимостойкостью – Ребатская красавица, Донецкий великан и Чудо-вишня.

Ключевые слова: ВИШНЯ, СОРТ, ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ЗИМОСТОЙКОСТЬ, МОРОЗОСТОЙКОСТЬ

It is noted, when the plants are going from dormancy, there are changes of water and physical parameters of the tissues, accompanied by a deepening of the front of ice formation in the most varieties at 1-6 °C. The carried out comprehensive analysis allowed us to divide the studied cherry varieties into groups for winter hardiness: highly resistant varieties are the Alpha and the Turgenevka, the varieties with intermediate resistance – Radost, Favorit, Nochkа, North Star, Podbelskaya, and varieties with low winter hardiness – Rebetskaya Krasavitsa, Donetskii Velican and Chudo-Vishnia.

Key words: CHERRY, CULTIVAR, DIFFERENTIAL THERMAL ANALYSIS, WINTER-HARDINESS, FROST RESISTANCE

Введение. Вишня является одной из наиболее зимостойких плодовых культур, которую можно выращивать на всей территории Украины, но встречаются сорта, которые повреждаются комплексом зимних неблагоприятных факторов [1]. Ее зимостойкость, как и других плодовых растений, необходимо рассматривать как генетически обусловленное свойство, реализация которого зависит от физиологического состояния деревьев во время выращивания, а также от состояния листового аппарата и его фотосинтетической активности [2].

Формирование зимостойкости – процесс многоэтапный. Он начинается с завершением ростовых процессов в осенний период и сопровождается лигнификацией (одревеснение оболочек клеток) тканей и окончанием их дифференциации. Особое значение при этом имеет вхождение растений в состояние покоя [3, 4]. Этот процесс обеспечивает необратимость их акклиматизации вместе с обезвоживанием тканей, прежде всего надземной части,

вследствие повышения проницаемости для воды мембранных структур клеток [5]. Процессы акклимации особенно усиливаются под влиянием отрицательных температур 0 ... -5 °С. Происходят гидролиз сахаров из крахмала, а также потеря воды с одновременным повышением водоудерживающей способности клеток приростов в ксилеме и флоэме [6]. Максимум в развитии морозостойкости достигается при длительном воздействии температуры -10 °С и ниже [4].

Зимние оттепели снижают морозостойкость растений, а последующие похолодания способствуют ее восстановлению. С возобновлением ростовых процессов безвозвратно происходит деакклимация. Развитие морозостойкости и ее потеря существенно связаны с изменениями состояния воды в тканях плодовых растений.

Для оценки этих изменений все чаще используют дифференциальный термический анализ (ДТА) процессов льдообразования в органах и тканях [7]. В разных модификациях ДТА оценку морозостойкости проводят по анализу термограмм льдообразования, при этом учитывают соотношение отдельных полос, интервал их появления [8].

Большинство исследователей основное внимание уделяют анализу низкотемпературных экзотерм (НТЭ) ксилемы, в меньшей степени - высокотемпературным экзотермическим (ВТЭ) процессам.

Возникла необходимость расширить информацию о характере льдообразования в тканях растений с использованием анализа экзотермических процессов в ксилеме и флоэме в широком температурном интервале. Вариант методики, разработанный в Институте садоводства О.И. Китаевым [9], позволяет исследовать эти процессы как в отдельных почках, так и в тканях одно-двухлетних приростов, в букетных веточках и кольчатках. Именно этот метод был использован для изучения характера экзотермических процессов в тканях однолетних приростов и почек деревьев вишни.

Целью нашей работы была оценка зимостойкости сортов вишни с использованием метода ДТА, предусматривающего анализ термограмм льдообразования с учетом соотношения отдельных полос и интервалов в их появлении.

Объекты и методы исследований. Экспериментальные исследования выполнены в северной части Лесостепи Украины (Институт садоводства НААН). Объектами были однолетние приросты и почки на деревьях 10 сортов вишни (Чудо-вишня, Фаворит, Радость, Подбельская, Норд Стар, Тургеневка, Донецкий великан, Ребатская красавица, Альфа, Ночка), которые отбирались в насаждении 1997 года посадки.

Для анализа брали части однолетнего прироста с почкой длиной около 3 см, диаметром 4,5-6,0 мм и массой 500-600 мг. Характер льдообразования изучали с помощью прибора, специально созданного для ДТА [9]. По конструкции он близок к прибору Квамме [7]. В качестве датчика температуры использовали три хромель-копелевые термопары. Во время анализа образцы охлаждали с помощью двухкаскадного полупроводникового микрохолодильника типа ТЛМ-2. Благодаря этому удавалось снижать температуру в камере с достаточно постоянной скоростью (до 1 °С / мин.). Превращение воды в лед – это процесс, который сопровождается выделением скрытой теплоты, измеряемой как разность сигналов от термопар, вызванных повышением температуры исследуемого образца относительно эталона, который не содержит воды.

Обсуждение результатов. Исследование акклимации и деакклимации древесных растений с использованием метода ДТА обнаружили значительную роль в этих процессах переохлажденной воды [6, 10], причем определяющим было состояние клеточных оболочек, которые в основном и участвуют в формировании засухоустойчивости растений, а также определяют их способность регулировать водообмен [11].

Как известно, во время перезимовки провоцирующие оттепели значительно снижают морозостойкость плодовых почек. Именно поэтому определение экзотермических процессов в приростах деревьев вишни с генеративными почками выполняли в разные периоды зимы.

Процессы льдообразования в тканях однолетних приростов и почек происходят неравномерно, на экзотермах всегда присутствуют полосы тепловыделения с разной температурой инициации. Их амплитуда и положение на температурной шкале определяются водно-физическими свойствами тканей растений, значительно изменяются при перезимовке и отражают процессы развития акклимации и деакклимации. Анализ процесса льдообразования с помощью термографического метода позволил четко выявить особенности тепловыделения в тканях приростов сортов вишни разных по морозостойкости.

При выходе растений из состояния покоя происходят изменения водно-физических параметров тканей, сопровождающиеся углублением фронта льдообразования у большинства сортов на 1-6 °С (табл.). При этом более ранняя температура инициации наблюдалась у сортов Ночка, Тургеневка, Альфа и Норд Стар, у которых этот показатель составлял -10,9 ... -12,0 °С. Иные результаты были у Ребатской красавицы, Донецкого великана, Чудо-вишни и Фаворита (-13,6 ... -14,6 °С).

По температурному диапазону ВТЭ в ксилеме выделился сорт Ночка – 6,4 °С. Самым узким температурный диапазон прироста в целом был у Ребатской красавицы, Чудо-вишни и Донецкого великана (в пределах 16,0 - 17,3 °С). Амплитудные показатели экзотерм в этот период свидетельствуют об увеличении амплитуды экзотермических процессов практически у всех сортов, что является признаком развития деакклимации (раззакаливания). Однако наиболее интенсивно эти процессы происходили у сортов Донецкий великан и Чудо-вишня.

**Параметры экзотермических процессов при льдообразовании в тканях
приростов сортов вишни в период вынужденного покоя**

Сорт	Температура наблюдения за экзотермическим процессом, °С				Температурный диапазон льдообразования, °С			Амплитуды экзотермических процессов при льдообразовании, °С			
	инициации	макс. в ксилеме	макс. в флоэме	НТЭ	ВТЭ в ксилеме	НТЭ в ксилеме	прироста в целом	фронта	макс. в ксилеме	макс. в флоэме	НТЭ
Ночка	-10,9	-14,3	-20,0	-28,0	5,0	4,5	20,2	1,6	2,9	3,6	1,0
Альфа	-12,0	-15,6	-21,8	-28,3	4,5	2,4	17,5	1,2	3,0	4,1	0,6
Радость	-12,4	-15,8	-21,8	-29,2	4,5	2,9	18,4	1,6	3,0	3,9	0,5
Подбельская	-13,2	-16,1	-23,2	-29,5	4,8	4,2	19,0	1,6	3,2	4,6	1,4
Фаворит	-13,8	-19,0	-26,3	-31,6	6,4	2,3	19,0	1,3	3,9	5,4	0,8
Норд Стар	-12,0	-14,0	-20,2	-27,4	3,6	5,9	19,3	2,9	3,8	4,3	1,1
Тургеневка	-11,7	-13,8	-20,6	-27,3	3,5	5,4	19,0	1,8	2,4	3,6	1,0
Чудо- вишня	-13,6	-16,7	-23,5	-29,8	4,0	2,3	17,2	1,8	2,9	4,2	0,6
Ребатская красавица	-14,6	-18,0	-24,0	-29,3	4,3	2,4	16,0	1,8	2,9	4,0	0,8
Донецкий великан	-14,0	-15,4	-22,0	-29,1	3,8	3,5	17,3	2,1	2,7	3,5	0,8

Медленнее теряли акклимацию сорта Альфа и Ночка. Это характеризует их как более стабильные, с высоким потенциалом зимостойкости, что в значительной степени обеспечивалось работой листового аппарата во время вегетации.

Термограммы льдообразования в приростах деревьев сортов вишни отражают процессы выделения тепла, обусловленные инициацией нуклеации переохлажденной воды и миграцией ее в центры льдообразования.

На экзотермах выделяются несколько максимумов, амплитуда и положение которых на температурной шкале обусловлены не только разной температурой замерзания переохлажденных водных растворов, но и размером межклетников или сосудов, где проходит замерзание, а также сопротивлением тканей распространению процесса нуклеации. Последний иницируется в ксилеме, поэтому высокотемпературная экзотерма в диапазоне $-8 \dots -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ обусловлена тепловыделением при переходе воды в лед в сосудах древесины.

Льдообразование в тканях коры представлено диффузной полосой тепловыделения в диапазоне температур $-12 \dots -27 \text{ }^{\circ}\text{C}$. На низкотемпературном плече этой полосы есть одна, иногда две, низкотемпературные экзотермы, вызванные льдообразованием в микрокапиллярах ксилемы.

Экзотермы льдообразования обладают достаточно выраженной сортовой особенностью, обусловленной строением тканей, прежде всего ксилемы, а также структурой микрокапилляров. Так, для сорта Тургеневка характерны ранняя инициация льдообразования ($-7 \dots -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$), относительно узкий диапазон ВТЭ, одновременно НТЭ выделена достаточно четко, что, возможно, связано с более ранней нуклеацией во флоэме. У этого же сорта наблюдается довольно широкий диапазон льдообразования в приросте в целом, что позволяет считать его достаточно зимостойким. Он меньше всего менял водно-физическую структуру при переходе из глубокого покоя к вынужденному.

Для Ребатской же красавицы характерны значительные изменения водного статуса тканей в этом же процессе. Наблюдалась высокая амплитуда экзотермических процессов, особенно во флоэме ($3,2 \dots 4,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Кроме того, данный сорт характеризовался самым узким диапазоном тепловыде-

ления, что в сочетании со значительной амплитудой экзотермы свидетельствует о высокой интенсивности льдообразования, поэтому его следует считать недостаточно зимостойким.

В приростах отмечен довольно высокий уровень акклимации, что проявлялось в малой амплитуде фронта льдообразования в момент его инициации и постепенном нарастании интенсивности экзотермического процесса. Такой характер льдообразования свидетельствует о способности тканей приростов освобождаться от лишней воды под воздействием низких температур, тем самым повышая свою морозоустойчивость. Кроме того, большая амплитуда фронта инициации ВТЭ может быть признаком повреждения проводящих пучков уже при слабых морозах, что особенно проявлялось во влажную и теплую зиму, и это было доказано анатомическим анализом промораживаемых образцов.

Развитие экзотермического процесса в сторону низких температур, а также величина диапазона льдообразования коррелируют с высокой морозостойкостью изучаемых объектов. На экзотермах образцов сортов не было обнаружено острых пиков, вызванных гибелью зачатков цветов, что подтверждает их высокую морозостойкость, обусловленную способностью к глубокому переохлаждению.

По показателям экзотермических процессов исследуемые сорта можно разделить на три группы: с высокой зимостойкостью – Альфа и Тургеневка; средней – Радость, Фаворит, Ночка, Норд Стар и Подбельская; низкой – Ребатская красавица, Донецкий великан и Чудо-вишня.

Выводы. Для оценки зимостойкости и прежде всего процессов акклимации и деакклимации культуры вишни, наряду с другими методами определения степени повреждения тканей низкими температурами, предлагается дифференциальный термический анализ процессов льдообразования в тканях приростов и почек.

Установлено, что выход растений вишни из состояния покоя сопровождается деакклимацией, которая проявляется в углублении фронта льдообразования на 1-6 °С.

Экзотермы льдообразования отображают сортовую специфичность, что обусловлено влиянием анатомического строения тканей и их водно-физических свойств на процесс миграции воды к фронту льдообразования при замораживании.

При проведении сравнительного анализа степени повреждения тканей приростов изучаемых сортов вишни низкими температурами и параметров экзотермических процессов при льдообразовании определены наиболее информативные показатели для характеристики процессов адаптации и зимостойкости: температура инициации льдообразования в ксилеме, температурный диапазон льдообразования ВТЭ в ксилеме и приростах в целом, а также амплитудные показатели фронта льдообразования, максимумов ВТЭ и НТЭ

Комплексный анализ позволил разделить исследуемые сорта вишни на группы по зимостойкости: высокоустойчивые – Альфа и Тургеневка, сорта со средней устойчивостью – Радость, Фаворит, Ночка, Норд Стар, Подбельская и низкоустойчивые сорта – Ребатская красавица, Донецкий великан и Чудо-вишня.

Литература

1. Брайон, О.В. Флуоресцентна мікроскопія рослинних тканин і клітин. – К.: Вища шк., 1973. – 144 с.
2. Каримова, Ф.Г. Роль клеточной оболочки в водообмене растительных клеток / Ф.Г. Каримова, Н.А. Гусев, Н.В. Кузьмичёва // Физиология и биохимия культурных растений. – Т. 12. – 1980. – № 3. – С. 285-290.
3. Китаєв, О.І. Метод диференційно - термічного аналізу для дослідження процесів льодоутворення в різних органах плодових рослин / Проблеми моніторингу у садівництві. – К.: Аграрна наука, 2003. – С. 135-145.
4. Красавцев, О.А. Калориметрия растений / О.А. Красавцев. – М.: Наука, 1972. – 116 с.

5. Скряга, В.А. Адаптивність перспективних сортів вишні (*Cerasus Vulgaris Mill.*) у Лісостепу України // Садівництво. – К.: СПД «Жителів С.І.», 2009. – Вип. 62. – С. 57-68.
6. Соловьева, М.А. Атлас повреждений плодовых и ягодных культур морозами / М.А. Соловьева. - 2-е изд.. – К.: Урожай, 1988. – 127 с.
7. Туманов, И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений / И.И. Туманов. – М.: Наука, 1979. – 352 с.
8. Kasperska A. The role of cell walls in plant responses to low temperature // Referaty i donisienia wygloszone na XII ogólnokrajowym seminarium Grupy Roboczej «Mrozoodporność». – Poznań, 2001. – P. 23-24, 24A-24U.
9. 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 / P.H. Li and A. Sakai (eds.). Plant cold hardiness and freezing stress: Mechanisms and crop implications. – 1978. – Vol. I. Academic, New York. – P. 227-239.
10. Quamme H. Application of Thermal Analysis to Breeding Fruit Crops for Increased Cold Hardiness // Hort Science. – Vol. 26. – 1991. – № 5. – P. 513-517.
11. Rajashekar C., Westwood M.N., Burke M.J. Deep supercooling and cold hardiness in genus *Pyrus* // J. AMER. SOC. HORT. SCI. – Vol. 107. – 1982. – P. 968-972.

References

1. Brajon, O.V. Fluorescentna mikroskopija roslinnih tkanin i klitin. – K.: Vishha shk., 1973. – 144 s.
2. Karimova, F.G. Rol' kletочноj obolochki v vodoobmene rastitel'nyh kletok / F.G. Karimova, N.A. Gusev, N.V. Kuz'michjova // Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij. T. 12. – 1980. – № 3. – S. 285-290.
3. Kitaev, O.I. Metod diferencijno - termichnogo analizu dlja doslidzhennja procesiv l'odoutvorennja v riznih organah plodovih roslin / Problemi monitoringu u sadivnictvi. – K.: Agrarna nauka, 2003. – S. 135-145.
4. Krasavcev, O.A. Kalorimetrija rastenij / O.A. Krasavcev. – M.: Nauka, 1972. – 116 s.
5. Skrjaga, V.A. Adaptivnist' perspektivnih sortiv vishni (*Cerasus Vulgaris Mill.*) u Lisostepu Ukraїni // Sadivnictvo. – K.: SPD «Zhitelev S.I.», 2009. – Vip. 62. – S. 57-68.
6. Solov'eva, M.A. Atlas povrezhdenij plodovyh i jagodnyh kul'tur morozami / M.A. Solov'eva. – 2-e izd.. – K.: Urozhaj, 1988. – 127 s.
7. Tumanov, I.I. Fiziologija zakalivaniya i morozostojkosti rastenij / I.I. Tumanov. – M.: Nauka, 1979. – 352 s.
8. Kasperska A. The role of cell walls in plant responses to low temperature // Referaty i donisienia wygloszone na XII ogólnokrajowym seminarium Grupy Roboczej «Mrozoodporność». – Poznań, 2001. – P. 23-24, 24A-24U.
9. 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 / P.H. Li and A. Sakai (eds.). Plant cold hardiness and freezing stress: Mechanisms and crop implications. – 1978. – Vol. I. Academic, New York. – P. 227-239.
10. Quamme H. Application of Thermal Analysis to Breeding Fruit Crops for Increased Cold Hardiness // Hort Science. – Vol. 26. – 1991. – № 5. – R. 513-517.
11. Rajashekar C., Westwood M.N., Burke M.J. Deep supercooling and cold hardiness in genus *Pyrus* // J. AMER. SOC. HORT. SCI. – Vol. 107. – 1982. – P. 968-972.