

## ПОТЕНЦИАЛ ЗИМОСТОЙКОСТИ ГИБРИДОВ ЯБЛОНИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

С. А. ЯРМОЛИЧ, Г. М. МАРУДО

*РУП «Институт плодоводства»,  
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,  
e-mail: yarmolich\_sergeri@mail.ru, maryganna1957@gmail.com*

### АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты изучения новых отборов яблони по важнейшим компонентам зимостойкости с использованием метода искусственного промораживания.

Выделены перспективные гибриды яблони – 2002-57/21 (Iedzenu св. оп.), 2002-57/43 (87-7/30 св. оп.), 2004-1/16-II (Reka св. оп.) и 2006-23/26-II (Надзейны св. оп.), сочетающие высокие уровни устойчивости по четырем компонентам зимостойкости. Эти формы уже в третьей декаде ноября способны выдерживать морозы в  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в середине зимы развивать максимальную морозоустойчивость при  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , восстанавливать морозоустойчивость после оттепелей в  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и переносить резкие перепады температуры до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (после оттепели и повторной закалки) на уровне стандартного высокозимостойкого сорта Антоновка обыкновенная. Выделенные гибриды являются ценным селекционным материалом при подборе родительских пар для создания новых сортов с заданными параметрами зимостойкости.

*Ключевые слова:* яблоня, гибрид, зимостойкость, режимы промораживания, Беларусь.

### ВВЕДЕНИЕ

Важнейшая составляющая современного облика интенсивного садоводства – высокопродуктивные и устойчивые сорта с максимальной степенью реализации генотипа в конкретных почвенно-климатических условиях, способные адаптироваться в онтогенезе к меняющимся погодным условиям зоны возделывания, так как в последние годы четко проявляются изменения климата в закономерностях прохождения зимнего и весеннего периодов: наблюдаются аномально теплые зимы с высокой повторяемостью оттепелей и резкими перепадами температур, усилилось воздействие и частота поздневесенних заморозков. В связи с этим существующие сорта довольно быстро теряют свою ценность, а использование в селекции одних и тех же исходных форм может привести к получению генетически обедненного сортового материала. Поэтому возникает необходимость поиска новых источников и форм селектируемых признаков для повышения эффективности селекционного процесса.

Существующие методы ускоренной оценки зимо- и морозостойкости растений делятся на прямые и косвенные. В прямых методах используется непосредственное влияние отрицательных факторов зимнего периода на испытуемые объекты [1, 2]. Косвенные – основаны на определении свойств тканей или клеток, определяющих зимостойкость и коррелирующие с ней [3, 4]. Лабораторный метод прямого промораживания широко применяют при оценке зимостойкости растений, что позволяет осуществлять контроль за ходом процесса формирования морозостойкого состояния, оценивать уровни устойчивости растений после стрессового воздействия [5].

*Цель исследований* – оценка нового исходного материала для дальнейшей селекции и отбора передаваемых сортов на государственное сортоиспытание путем искусственного промораживания перспективных гибридов яблони.

### ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в лабораторных условиях и коллекционных насаждениях отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» в 2021–2022 гг.

Объектом исследований являлись 12 перспективных гибридов яблони 2014 и 2016 г. посадки, размноженных на семенном подвое (Антоновка обыкновенная) по схеме посадки  $4 \times 2$  м. Количество растений каждого образца – 5–10 шт.

Таблица 1. Повреждения тканей у гибридов яблони в лабораторных условиях при  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  в осенне-зимний период 2021–2022 гг., балл

Название образца	Кора	Древесина	Камбий	Сердцевина	Сосудисто-проводящие ткани	Почки
Антоновка обыкновенная (стандарт)	0	0	0	0	0	0
2002-57/21	0	0	0	0	0	0
2002-57/43	0	0	0	0	0	0
2002-58/19	0	0	0	0	1	1
2002-58/21	0	0	0	0	1	1
2002-63/18	0	0	0	0	0	0
2002-63/2	0	0	0	0	0	0
2002-64/70	0	0	0	0	1	1
2003-65/31	0	0	0	0	0	0
2004-1/16-II	0	0	0	0	0	0
2004-6/60-I	0	0	0	0	1	1
2005-16/1-I	0	0	0	0	1	1
2006-23/26-II	0	0	0	0	0	0

Гибриды получены с использованием исходных форм-носителей гена *Vf* (Liberty, Redkroft, VM 41497) и сортов яблони белорусской селекции (Дарунак, Пospех, Надзейны, Зорка). В качестве стандарта использовали высокозимостойкий сорт Антоновка обыкновенная.

Погодные условия осенне-зимнего периода 2020–2021 гг. были на уровне среднеемноголетних наблюдений. В свою очередь, окончание осеннего периода (вторая и третья декада ноября) проходило в аномально теплых условиях – отклонение средней температуры от нормы варьировало в пределах 2,2–3,0  $^{\circ}\text{C}$ . Начало зимы (первая и вторая декада декабря) в целом соответствовало климатической норме. Температурный режим с третьей декады декабря по первую декаду января был теплым, отклонение средней температуры от нормы варьировало в пределах 2,2  $^{\circ}\text{C}$ . Самый продолжительный морозный период наблюдался со второй декады января – в течение 12 дней, температура воздуха колебалась от  $-2,8$  до  $-25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (17 января), а 7 февраля отмечено  $-26,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В целом для зимнего периода были характерны частые оттепели различной продолжительности – от 3 до 8 дней с повышением температуры воздуха до  $+0,9\dots+6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Общая продолжительность морозного периода составила 83 дня. В сложившихся погодных условиях осенне-зимнего периода 2021–2022 гг. подготовка растений к глубокому покою проходила в условиях повышенной средней фактической температуры воздуха в ноябре ( $+3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), отклонение средней температуры от нормы составило  $+1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Начало зимы в декабре отмечено с отклонением от нормы ( $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), фактическая температура месяца по данным наблюдений составила  $-3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температурный режим в январе отмечен более теплым, так как норма среднемесячной температуры января составляла  $-4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а фактическая температура месяца по данным наблюдений была  $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , отклонение от нормы составило  $+2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Самый продолжительный морозный период наблюдался со второй декады января – длительность составила 11 дней, температура воздуха колебалась от  $-0,5$  до  $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (19 января). В целом для зимнего периода были характерны частые оттепели различной продолжительности – от 4 до 10 дней с повышением температуры воздуха до  $+0,5\dots+3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Общая продолжительность морозного периода составила 52 дня.

Исследования проводили согласно «Методике ускоренной оценки зимостойкости яблони с использованием прямого промораживания» [6].

Полевые учеты зимостойкости гибридов осуществляли согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» [7].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Устойчивость растений к критическим температурам в осенне-зимний период является одним из важных компонентов зимостойкости.

По I компоненту зимостойкости проводилось изучение устойчивости гибридов яблони путем промораживания однолетних ветвей в начале декабря при температуре  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  после закалки при

–5 и –10 °С по 3 дня. В данный период растения могут повреждаться в условиях, способствующих затяжному росту и сильных ранних морозов. В результате исследований установлены подмерзания сосудисто-проводящих тканей и почек у гибридов 2002-58/19, 2002-58/21, 2002-64/70, 2004-6/60-I и 2005-16/1-I, а древесина и сердцевина вообще не имели повреждений (табл. 1).

Понижение температуры до –25 °С без малейшего повреждения исследуемых тканей (0 баллов) большинство исследуемых гибридов (60 %) перенесли на уровне стандартного сорта Антоновка обыкновенная.

Один из главенствующих показателей, определяющий возможность использования сорта в садовых насаждениях, – способность без повреждений переносить максимальное понижение температуры в зимний период. В работах ряда исследователей [5, 8, 9] указывается, что более 90 % из всех зимних повреждений также приходится на повреждения минимальными температурами в середине зимы.

При изучении II компонента зимостойкости сопоставили влияние низких температур (–40 °С) при искусственном промораживании с данными, полученными в полевых условиях при –26,1 °С. Установлено, что при снижении температуры до –40 °С в лабораторных условиях повреждения коры варьировали от 1 до 7 баллов в зависимости от образца яблони. У 42 % изучаемых отборов подмерзание коры не превысило 1 балла как в полевых, так и в искусственных условиях. Наблюдалось повреждение коры до 5 баллов у гибридов 2002-63/18, 2002-63/2, 2003-65/31, 2005-16/1-I в лабораторных условиях (–40 °С), а в полевых при –26,1 °С – до 1 балла. Почкам и сосудисто-проводящим тканям присуща наибольшая степень глубокого переохлаждения в период максимального минимума при –40 °С, их повреждения наблюдались у гибридов 2002-58/21, 2002-64/70 и 2004-6/60-I в полевых условиях до 3 баллов, а в искусственных – до 7 (табл. 2).

**Таблица 2. Сравнительная оценка повреждений тканей у гибридов яблони при –40 °С в лабораторных условиях 2021–2022 гг. и в естественных условиях после –26,1 °С в 2021 г., балл**

Название образца	Наблюдения	Кора	Древесина	Камбий	Сердцевина	Сосудисто-проводящие ткани	Почки
Антоновка обыкновенная (стандарт)	лабораторные	1	1	1	1	1	1
	полевые	0	0	0	0	0	0
2002-57/21	лабораторные	1	1	1	1	1	1
	полевые	0	0	0	0	1	0
2002-57/43	лабораторные	1	1	1	1	1	1
	полевые	0	0	0	0	1	0
2002-58/19	лабораторные	1	3	3	3	5	5
	полевые	1	1	1	1	1	1
2002-58/21	лабораторные	7	3	7	3	7	7
	полевые	3	1	3	1	3	3
2002-63/18	лабораторные	5	1	5	1	5	5
	полевые	1	1	1	1	1	1
2002-63/2	лабораторные	5	5	5	3	5	5
	полевые	1	1	1	1	1	1
2002-64/70	лабораторные	7	7	7	7	7	7
	полевые	3	3	3	3	3	3
2003-65/31	лабораторные	5	5	5	5	5	5
	полевые	1	1	1	1	1	1
2004-1/16-II	лабораторные	1	1	1	1	1	1
	полевые	0	0	0	0	1	0
2004-6/60-I	лабораторные	7	1	7	1	7	7
	полевые	3	1	3	1	3	3
2005-16/1-I	лабораторные	5	1	5	1	5	5
	полевые	1	1	1	1	1	1
2006-23/26-II	лабораторные	1	1	1	1	1	1
	полевые	0	0	0	0	1	0

У 42 % изучаемых отборов наблюдалось подмерзание сосудисто-проводящих тканей и почек коры до 5 баллов – в лабораторных условиях и до 1 балла – в полевых. Наибольшей устойчивостью сосудисто-проводящих тканей и почек с незначительным повреждением до 1 балла в этот период как в полевых, так и в искусственных условиях характеризовались гибриды 2002-57/21, 2002-57/43, 2004-1/16-II и 2006-23/26-II, что соответствует уровню стандартного сорта Антоновка обыкновенная.

Высокая морозостойкость сердцевины и древесины (повреждения не более 1 балла) отмечена у большинства изученных образцов. Установлено, что кора, древесина и сердцевина у преобладающей части изученных образцов яблони развивают более высокую устойчивость к морозам в состоянии глубокого покоя, чем сосудисто-проводящие ткани, камбий и почки.

По III компоненту зимостойкости исследования гибридов яблони проводили в феврале. Для этого перед промораживанием в камерах искусственного климата моделировали оттепель с температурой +2 °С. Искусственное промораживание проводили при температуре –25 °С. Выявлены несущественные различия между формами по способности сохранять устойчивость к резким перепадам температуры после оттепелей. Снижение температуры до –25 °С после оттепели в +2 °С в течение 3 дней не привело к значительному подмерзанию тканей однолетних ветвей. Высокой морозостойкостью (0 баллов) обладали ткани коры, древесины и сердцевины у большинства изученных исходных форм (табл. 3).

Исключительной особенностью III компонента зимостойкости являются незначительные повреждения сосудисто-проводящих тканей и почек (не более 1 балла) только у гибридов 2002-57/43, 2002-58/19, 2002-63/18, 2002-64/70, 2003-65/31, 2004-6/60-I и 2005-16/1-I. Максимальное повреждение сосудисто-проводящих тканей, камбия и почек (не более 3 баллов) отмечено у гибрида 2002-58/21.

Таблица 3. Повреждения тканей у гибридов яблони в лабораторных условиях при –25 °С при повторной закалке после оттепели в 2021–2022 гг., балл

Название образца	Кора	Древесина	Камбий	Сердцевина	Сосудисто-проводящие ткани	Почки
Антоновка обыкновенная (стандарт)	0	0	0	0	0	0
2002-57/21	0	0	0	0	0	0
2002-57/43	0	0	0	0	1	0
2002-58/19	0	0	0	0	1	0
2002-58/21	0	0	3	0	3	3
2002-63/18	0	0	0	0	1	1
2002-63/2	0	0	0	0	0	0
2002-64/70	0	0	1	0	1	1
2003-65/31	0	1	1	1	1	1
2004-1/16-II	0	0	0	0	0	0
2004-6/60-I	1	1	1	1	1	1
2005-16/1-I	0	0	0	0	1	1
2006-23/26-II	0	0	0	0	0	0

Под влиянием зимне-весенних оттепелей в состоянии вынужденного покоя растение частично теряет свою устойчивость и повреждается внезапными слабыми морозами. Но при постепенном снижении температуры после оттепели морозостойкость тканей до известной степени восстанавливается [3].

По IV компоненту зимостойкости оценку изучаемых форм яблони проводили в марте методом искусственного промораживания однолетних ветвей при температуре –30 °С после искусственно смоделированной оттепели (+2 °С) и повторной закалки при –5 и –10 °С по 3 дня.

Выявлены несущественные различия между образцами по способности восстанавливать морозостойкость после оттепели. Как следует из приведенных в табл. 4 данных, у большинства

изучаемых образцов при  $-30^{\circ}\text{C}$ , после оттепели и повторной закалки, не отмечено повреждений коры, камбия, древесины, сердцевины и почек, наблюдалась высокая устойчивость к подмерзанию.

Таблица 4. Повреждения тканей у гибридов яблони в лабораторных условиях при  $-30^{\circ}\text{C}$  после оттепели в 2021–2022 гг., балл

Название образца	Кора	Древесина	Камбий	Серцевина	Сосудисто-проводящие ткани	Почки
Антоновка обыкновенная (стандарт)	0	0	0	0	0	0
2002-57/21	0	0	0	0	0	0
2002-57/43	0	0	0	0	0	0
2002-58/19	0	0	0	0	0	0
2002-58/21	0	0	0	0	1	1
2002-63/18	0	0	0	0	0	0
2002-63/2	0	0	0	0	0	0
2002-64/70	0	0	1	1	1	1
2003-65/31	0	0	0	0	1	1
2004-1/16-II	0	0	0	0	0	0
2004-6/60-I	0	0	0	0	1	1
2005-16/1-I	0	0	0	0	1	1
2006-23/26-II	0	0	0	0	0	0

Незначительные подмерзания сосудисто-проводящих тканей и почек (не более 1 балла) отмечены у гибридов 2002-58/21, 2003-65/31, 2004-6/60-I, 2005-16/1-I, а также камбия и сердцевины только у отбора 2002-64/70.

В результате проведенных исследований оценены перспективные гибриды яблони, обладающие высокой устойчивостью по основным компонентам зимостойкости. Гибриды отечественной селекции 2002-57/21 (Iedzenu св. оп.), 2002-57/43 (87-7/30 св. оп.), 2004-1/16-II (Reka св. оп.) и 2006-23/26-II (Надзейны св. оп.) сочетают в своем генотипе высокие уровни устойчивости по всем важнейшим компонентам зимостойкости. Эти формы уже в третьей декаде ноября способны выдерживать морозы в  $-25^{\circ}\text{C}$ , в середине зимы развивать максимальную морозоустойчивость при  $-40^{\circ}\text{C}$ , восстанавливать морозоустойчивость при снижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  (после оттепелей в  $+2^{\circ}\text{C}$ ), переносить резкие перепады температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$  (после оттепели и повторной закалки) при незначительных повреждениях тканей однолетних ветвей, как и стандартный высокозимостойкий сорт Антоновка обыкновенная.

Высокий уровень устойчивости по I, III и IV компонентам зимостойкости показали 92 % отборов. Данным образцам в осенне-зимний период свойственно выдерживать морозы до  $-25^{\circ}\text{C}$ , восстанавливать морозоустойчивость при снижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  (после оттепелей в  $+2^{\circ}\text{C}$ ), переносить резкие перепады температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$  (после оттепели и повторной закалки) на уровне стандартного сорта-эталона высокой зимостойкости.

Недостаточной устойчивостью по II и III компонентам зимостойкости характеризовался гибрид 2002-58/21.

Таким образом, выделенные формы с высоким генетическим потенциалом устойчивости по важнейшим компонентам зимостойкости являются ценным селекционным материалом при подборе родительских пар для создания новых сортов с заданными параметрами зимостойкости.

## ВЫВОДЫ

Выделены лучшие отборы – 2002-57/21 (Iedzenu св. оп.), 2002-57/43 (87-7/30 св. оп.), 2004-1/16-II (Reka св. оп.) и 2006-23/26-II (Надзейны св. оп.), способные сочетать в своем генотипе высокие уровни устойчивости по важнейшим компонентам зимостойкости. Эти формы уже в третьей декаде ноября способны выдерживать морозы  $-25^{\circ}\text{C}$ , в середине зимы развивать максимальную

морозоустойчивость при  $-40^{\circ}\text{C}$ , восстанавливать морозоустойчивость при снижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  (после оттепелей в  $+2^{\circ}\text{C}$ ), переносить резкие перепады температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$  (после оттепели и повторной закалки) при незначительных повреждениях тканей однолетних ветвей, как и стандартный высокозимостойкий сорт Антоновка обыкновенная.

В естественных условиях при  $-26,1^{\circ}\text{C}$  в феврале 2021 г. все исследованные образцы проявили устойчивость к холодным стрессам данного периода.

Выделенные перспективные отборы с высоким генетическим потенциалом устойчивости по важнейшим компонентам зимостойкости являются ценным селекционным материалом при подборе родительских пар для создания новых сортов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кашин, В. И. Научные основы адаптивного садоводства / В. И. Кашин. – М. : Колос, 1995. – 293 с.
2. Кичина, В. В. Селекция плодовых и ягодных культур на высокий уровень зимостойкости / В. В. Кичина. – М. : [б. и.], 1999. – 126 с.
3. Резвякова, С. В. Использование метода искусственного промораживания на разных этапах селекционного процесса яблони : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / С. В. Резвякова ; Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства. – М., 1996. – 24 с.
4. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях : метод. указания / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; авт.-сост.: М. М. Тюрина [и др.] ; под ред. В. И. Кашина. – М. : ВСТИСП, 2002. – 120 с.
5. Тюрина, М. М. Методика оценки зимостойкости садовых растений в контролируемых условиях / М. М. Тюрина, И. М. Куликов // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. тр. / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2006. – Т. 16. – С. 11–17.
6. Козловская, З. А. Методика ускоренной оценки зимостойкости яблони с использованием прямого промораживания / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, Г. М. Марудо // Плодоводство : науч. тр. / РУП «Ин-т плододства» ; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2008. – Т. 20. – С. 265–276.
7. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.
8. Ефимова, Н. В. Ранняя диагностика зимостойкости в селекции яблони : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Н. В. Ефимова ; ВАСХНИЛ, Отд-ние по Нечернозем. зоне РСФСР, Науч.-исслед. зон. ин-т садоводства Нечернозем. полосы. – М., 1984. – 26 с.
9. Квамме, Х. А. Селекция и отбор плодовых растений умеренного климата на морозостойкость / Х. А. Квамме // Холодостойкость растений / пер. с англ. Г. Н. Зверева, М. М. Тюрина ; ред. и предисл. Г. А. Самыгин. – М. : Колос, 1983. – С. 244–261.

## WINTER HARDINESS POTENTIAL OF APPLE HYBRIDS OF DOMESTIC SELECTION

S. A. YARMOLICH, G. M. MARUDO

### Summary

The article presents the results of the study of new selections of apple trees in terms of the most important components of winter hardiness using the method of artificial freezing.

Promising apple hybrids have been identified – 2002-57/21 (Iedzenu open pollination), 2002-57/43 (87-7/30 o. p.), 2004-1/16-II (Reka o. p.) and 2006-23/26-II (Nadzeyny o. p.), combining high levels of resistance to four components of winter hardiness. These forms of hybrids are able to withstand frosts to  $-25^{\circ}\text{C}$  already in the third decade of November, develop maximum frost resistance at  $-40^{\circ}\text{C}$  in the middle of winter, restore frost resistance after thaws of  $+2^{\circ}\text{C}$  and endure sudden temperature changes to  $-30^{\circ}\text{C}$  (after thawing and rehardening) at the level of the standard highly winter-hardy Antonovka common variety. The selected hybrids represent a valuable breeding material in terms of the selection of parental pairs to create new varieties with given winter hardiness parameters.

*Keywords:* apple tree, hybrid, winter hardiness, freezing regimes, Belarus.

Поступила в редакцию 20.03.2023