

## ИЗУЧЕНИЕ ЗИМОСТОЙКОСТИ ЯБЛОНИ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

З.Е. Ожерельева , к.с.-х.н.

А.М. Галашева, к.с.-х.н.

Н.Г. Красова, д.с.-х.н.

*ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, д. Жилина, ВНИИСПК, ozherelieva@vniispk.ru*

### Аннотация

В статье приведены результаты изучения основных компонентов зимостойкости яблони методом искусственного промораживания. Исследования проводили на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в 2016...2018 годы. Объектами исследований служили сорта яблони селекции института, растущие на полукарликовом подвое 54-118. Закаливание однолетних побегов сортов яблони и моделирование основных компонентов зимостойкости проводили в климатической камере "Espec" PSL-2KPH (Япония). Цель настоящих исследований – изучить основные компоненты зимостойкости яблони в контролируемых условиях. В результате изучения основных компонентов зимостойкости установили влияние закалки на увеличение морозостойкости почек яблони в начале зимы ( $r = 0,80$ ). В закаленном состоянии сорта проявили морозостойкость почек и тканей однолетних побегов с обратимыми повреждениями при  $-38^{\circ}\text{C}$  в середине зимы. Снижение температуры до  $-40^{\circ}\text{C}$  в январе усилило повреждение почек, и древесины у изучаемых сортов, кора при этом характеризовалась большей морозостойкостью. По степени повреждения коры в январе при снижении температуры до  $-40^{\circ}\text{C}$  сорта Рождественское, Свежесть, Синап орловский были на уровне контроля. В период оттепелей  $+3$  и  $+5^{\circ}\text{C}$  большинство сортов сохраняли закаленное состояние и выдерживали снижение температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  в феврале с обратимыми повреждениями (не более 2,0 балла). Все сорта яблони были способны быстро восстанавливать уровень морозостойкости во время оттепелей  $+3$  и  $+5^{\circ}\text{C}$  при возвратном морозе  $-30^{\circ}\text{C}$  в конце зимы. В результате проведенных исследований выделили зимостойкий сорт яблони Рождественское.

**Ключевые слова:** яблоня, сорта, морозостойкость, основные компоненты зимостойкости, искусственное промораживание, зимостойкость

## STUDY OF APPLE WINTER HARDINESS UNDER CONTROLLED CONDITIONS

Z.E. Ozherelieva , cand. agr. sci.

N.G. Krasova, doctor agr. sci.

A.M. Galasheva, cand. agr. sci.

---

*Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 302530, Russia, Orel region, Orel district, Zhilina, VNIISPK, ozherelieva@vniispk.ru*

### Abstract

The results of the study of the basic components of apple winter hardiness by the artificial freezing method are given. The studies were carried out on the basis of the laboratory of physiology of fruit plant resistance at the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK) in 2016—2018. Apple cultivars of the Institute breeding grown on the semi-dwarf rootstock 54-118 were studied. Hardening of annual shoots of apple cultivars and modeling of the main components of winter hardiness were conducted in the climatic chamber “Espec” PSL-2KPH (Japan). The purpose of the research was to study the basic components of apple winter hardiness under the controlled conditions. As a result of the study of the basic winter hardiness components, the influence of the hardening on the increase of frost resistance of apple buds in early winter ( $r = 0.80$ ) was determined. In the hardened state, the cultivars showed frost resistance of the buds and tissues of annual shoots with reversible damage at  $-38^{\circ}\text{C}$  in the middle of winter. Lowering the temperature to  $-40^{\circ}\text{C}$  in January increased damage to the buds and wood in the studied cultivars, while the bark was characterized by greater frost resistance. According to the degree of damage to the bark in January with a decrease in temperature to  $-40^{\circ}\text{C}$  the cultivars Rozhdestvenskoye, Svezhest and Sinap Orlovsky were at the level of the control. During the thaws  $+3$  and  $+5^{\circ}\text{C}$  the most cultivars maintained their hardened state and withstood a temperature drop to  $-25^{\circ}\text{C}$  in February with reversible damage (no more than 2.0 points). All of the studied apple cultivars were able to restore quickly the level of frost resistance during thaws  $+3$  and  $+5^{\circ}\text{C}$  with return frost  $-30^{\circ}\text{C}$  at the end of winter. The winter hardy apple cultivar Rozhdestvenskoye was allocated as a result of the studies.

**Key words:** apple, cultivars, frost resistance, basic components of winter hardiness, artificial freezing, winter hardiness

### Введение

Наиболее важным признаком устойчивости плодовых и ягодных культур считается зимостойкость. Зимостойкость является динамическим свойством растений, которое складывается из многих компонентов (Stushnoff, 1973). В климатических условиях Орловской области выделяют четыре основных компонента зимостойкости: способность к своевременной и быстрой осенней закалке, и приобретению морозостойкости в начале зимы (I компонент); развитие высокой максимальной морозостойкости в середине зимы (II компонент); способность удерживать закалку в период оттепелей зимой (III компонент); способность возвратного приобретения закалки и морозостойкости после оттепелей в конце зимы (IV компонент) (Кичина, 2011; Тюрина и др., 1999; Тюрина и др., 2002).

Цель исследований – изучить основные компоненты зимостойкости яблони в контролируемых условиях.

### **Материалы и методика исследований**

Исследования проводили на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в 2016...2017 годы. Объектами исследований служили сорта яблони селекции института, растущие на полукарликовом подвое 54-118. Закаливание и моделирование повреждающих факторов зимнего периода проводили в климатической камере «Еспес» PSL-2КРН (Япония), основываясь на общепринятую методику (Тюрина и др., 2002). Определяли устойчивость к раннезимним морозам без закаливания (первый вариант опыта) и после закаливания (второй вариант опыта) при снижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  (I компонент зимостойкости) в конце ноября. Показатель максимальной морозостойкости определяли по устойчивости к отрицательной температуре в середине января  $-38$  и  $-40^{\circ}\text{C}$  (II компонент зимостойкости) и в период трехдневных оттепелей  $+3$  и  $+5^{\circ}\text{C}$  после понижения температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  (III компонент зимостойкости). Определение устойчивости к повторным морозам  $-30^{\circ}\text{C}$  (IV компонент зимостойкости) провели после трехдневных оттепелей  $+3$  и  $+5^{\circ}\text{C}$  и повторной закаливания в конце зимы. Однолетние побеги изучаемых сортов срезали из расчета 5 шт. на каждый компонент зимостойкости и помещали в полиэтиленовые пакеты. Один однолетний побег – одна повторность. Опытный материал хранился при температуре  $-3^{\circ}\text{C}$ . Скорость снижения температуры промораживания 5 градусов в час. Экспозиция промораживания – 8 часов. После промораживания проводили отращивание однолетних побегов в сосудах с водой и по степени побурения тканей оценивали повреждения на продольных и поперечных срезах по шкале: от 0,0 баллов – повреждений нет, до 5,0 – почки и ткань погибли. Статистическую обработку результатов выполняли методом дисперсионного и корреляционного анализов (Доспехов, 1985).

### **Результаты и их обсуждение**

Морозостойкость растений достигается в процессе закаливания, которое проходит в течение осени и начале зимы. Она формируется постепенно. Сначала растения замедляют рост, затем прекращают его, входят в период покоя и проходят фазы закаливания (Туманов, 1979; Тюрина, Макарова, Кудрявец, 2001; Леонченко и др., 2007; Ozherelieva et al., 2016). В условиях средней полосы России возможны понижения температуры воздуха в конце ноября до  $-25^{\circ}\text{C}$ , поэтому в начале зимы растения яблони должны приобретать необходимый уровень морозостойкости (Ожерельева, Седов, 2015; Ozherelieva, Sedov, 2017). По результатам ранее проводимых исследований, сорта яблони характеризуются высокой скоростью приобретения закаленного состояния в осенний период. В результате после закаливания яблоня выдерживает в начале декабря морозы  $-25$  и  $-30^{\circ}\text{C}$  (I компонент) с незначительными повреждениями почек, ткани не повреждаются (Ожерельева, Красова, Галашева, 2013). Закаливание растений – повышение их сопротивляемости к неблагоприятным факторам внешней среды. Для выявления роли закаливания, в начале зимы в конце ноября, провели искусственное промораживание по режиму I компонента зимостойкости. Первый вариант эксперимента провели без закаливания при снижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$ . При этом в большей степени повредились почки в пределах 0,7...1,9 балла. Ткани однолетних побегов к концу ноября приобрели морозостойкость, чтобы без повреждений выдерживать понижение температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  без искусственно смоделированной закаливания. Дисперсионным анализом установили существенное различие по степени повреждения почек однолетних побегов без прохождения закаливания на уровне

значимости 5% между контролем Антоновка обыкновенная и отдельными сортами – Болотовское, Рождественское, Свежесть, Синап орловский. Ветеран и Веняминовское были на уровне контроля (таблица 1).

Таблица 1 – Степень подмерзания яблони при  $-25^{\circ}\text{C}$  в конце ноября (I компонент зимостойкости)

Сорт	Степень подмерзания почек в баллах	
	Без закалки	С закалкой
Антоновка обыкновенная (к)	0,7	0,0
Болотовское	1,2	0,0
Веняминовское	1,0	0,0
Ветеран	1,0	0,2
Орлик	0,9	0,3
Рождественское	1,2	0,1
Свежесть	1,9	0,3
Синап орловский	1,2	0,0
$\bar{x}$	1,1	0,1
НСР <sub>0,05</sub>	0,4	0,2

Второй вариант искусственного промораживания при  $-25^{\circ}\text{C}$  моделировали с закалкой (5 дней при  $-5^{\circ}\text{C}$  и 5 дней при  $-10^{\circ}\text{C}$ ). При этом почки изучаемых сортов яблони повредились в меньшей степени, чем при первом варианте моделирования I компонента зимостойкости (без закалки). Степень повреждения почек в этом варианте опыта варьировала в пределах от 0,0 до 0,3 балла. Опытные образцы увеличивали морозостойкость почек в процессе закалки. Отмечены сорта на уровне контроля, у которых почки не повредились отрицательной температурой – Болотовское, Веняминовское. Ткани однолетних побегов при этом также не повредились. Дисперсионным анализом установили существенное различие по степени повреждения почек однолетних побегов с прохождением закалки на уровне значимости 5% между контрольным сортом Антоновка обыкновенная и сортами: Ветеран, Орлик, Свежесть (таблица 1). Отметим сильную связь между степенью повреждения почек и закалкой в раннезимний период ( $r = 0,80$ ).

Для определения максимальной величины морозостойкости сортов яблони в середине января моделировали зимний мороз  $-38$  и  $-40^{\circ}\text{C}$  (II компонент зимостойкости). У изученных сортов при снижении температуры до  $-38^{\circ}\text{C}$  отметили обратимое повреждение почек – от 0,8 до 2,0 баллов. У большинства изученных сортов отметили незначительные повреждения коры – до 1,0 балла. У сортов Веняминовское, Орлик, Синап орловский выявили обратимое повреждение коры – от 1,3 до 2,0 балла. В результате проведенного эксперимента выявили обратимое повреждение древесины у большинства сортов яблони в середине зимы, которое варьировало – от 1,7 до 2,0 балла. При этом все сорта уступили контролю по устойчивости древесины, кроме сортов Ветеран и Рождественское, которые были на уровне Антоновки обыкновенной (таблица 2).

По результатам исследований у сортов Болотовское, Веняминовское, Ветеран, Орлик, Синап орловский выявили среднее повреждение почек при снижении температуры до  $-40^{\circ}\text{C}$  (от 2,2 до 2,7 балла). Обратимое повреждение почек (не более 2,0 балла) наблюдали у Рождественского и Свежести. Отметим существенное различие по морозостойкости почек между контролем и изученными сортами на уровне значимости 5%. В середине января, когда растения приобретают максимальное закаленное состояние, морозостойкостью характеризуется кора однолетних побегов яблони.

Таблица 2 – Повреждение сортов яблони при -38°C (II компонент зимостойкости)

Сорт	Степень подмерзания в баллах		
	Почки	Кора	Древесина
Антоновка обыкновенная (к)	0,5	0,0	1,0
Болотовское	0,8	0,0	2,0
Веньяминовское	2,0	1,3	2,0
Ветеран	1,0	0,7	1,0
Орлик	2,0	2,0	1,8
Рождественское	1,0	0,5	1,0
Свежесть	1,1	0,8	1,7
Синап орловский	1,9	1,5	2,0
$\bar{x}$	1,3	0,9	1,6
НСР <sub>05</sub>	0,3	0,4	0,3

Сорта яблони Рождественское, Свежесть, Синап орловский по степени повреждения коры проявили уровень устойчивости контрольного сорта. У остальных сортов выявили обратимое повреждение коры – до 2,0 балла. Отметим существенное различие по морозостойкости коры при -40°C между контролем и сортами Болотовское, Ветеран, Веньяминовское, Орлик на уровне значимости 5%. Повышение морозостойкости древесины яблони в закаленном состоянии достигнуть сложно. Подмерзание древесины при максимальной отрицательной температуре -40°C предположительно происходит за счет глубокого переохлаждения воды (Левит, 1983). В результате проведенного эксперимента показано среднее повреждение древесины у большинства сортов яблони в середине зимы (от 2,1 до 2,8 балла). При этом Рождественское характеризовалось устойчивостью древесины однолетних побегов (балл повреждения – 2,0 балла). Все изученные сорта яблони по признаку морозостойкости древесины уступили контрольному сорту. Анализ полученных результатов выявил существенные межсортовые различия по повреждению древесины однолетних побегов на уровне значимости 5% после воздействия температуры -40°C (таблица 3).

Таблица 3 – Повреждение сортов яблони при -40°C (II компонент зимостойкости)

Сорт	Степень подмерзания в баллах		
	Почки	Кора	Древесина
Антоновка обыкновенная (к)	1,4	0,9	0,9
Болотовское	2,3	2,2	2,2
Веньяминовское	2,3	1,9	2,1
Ветеран	2,7	1,8	2,7
Орлик	2,5	2,0	2,3
Рождественское	2,0	0,9	2,0
Свежесть	2,0	1,0	2,8
Синап орловский	2,2	1,3	2,1
$\bar{x}$	2,2	1,5	2,2
НСР <sub>05</sub>	0,4	0,5	0,4

Подмерзание и гибель сортов яблони происходит не только в суровые, но и в сравнительно мягкие зимы из-за резких снижений температуры после продолжительных оттепелей (Ожерельева и др., 2013). Особенно опасны оттепели во второй половине зимы, когда растения яблони находятся в вынужденном покое. В последние годы отмечается увеличение теплых зим, что негативно отражается на морозостойкости растений. В

лабораторных условиях понижение температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  (III компонент) в феврале показало, что сорта Веняминовское, Синап орловский обладали относительно высокой способностью сохранять морозостойкость после трехдневной оттепели  $+3^{\circ}\text{C}$  на уровне Антоновки обыкновенной. Почки у большинства сортов яблони повредились незначительно – не более 1,0 балла. Сорт Свежесть имел обратимые повреждения почек до 1,8 балла. Все сорта при этом имели незначительные повреждения коры и были на уровне контрольного сорта, кроме сорта Свежесть, который по устойчивости коры несколько уступил Антоновке обыкновенной при понижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+3^{\circ}\text{C}$ . Древесина однолетних побегов изучаемых сортов при понижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+3^{\circ}\text{C}$  характеризовалась высокой морозостойкостью. После трехдневной оттепели  $+5^{\circ}\text{C}$  в феврале при  $-25^{\circ}\text{C}$  повреждение почек несколько усилилось. У сортов Веняминовское, Ветеран, Орлик, Рождественское, Синап орловский выявили обратимое повреждение почек в пределах – от 1,3 до 1,7 балла. В большей степени почки пострадали от мороза  $-25^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+5^{\circ}\text{C}$  у сортов Болотовское (2,1 балла) и Свежесть (2,4 балла). Кора однолетних побегов сортов яблони при этом не теряла закаленного состояния и имела незначительные повреждения – от 0,3 до 1,3 балла. Древесина в период оттепелей сохраняла морозостойкость. Так, у Болотовского, Веняминовского, Орлика, Свежести она повредилась очень слабо – до 0,1 балла. У остальных сортов древесина однолетних побегов не имела повреждений. Значительного различия по степени повреждения древесины между сортами яблони не установили (таблица 4).

Таблица 4 – Повреждение сортов яблони после трехдневных оттепелей  $+3$  и  $+5^{\circ}\text{C}$  при  $-25^{\circ}\text{C}$  (III компонент зимостойкости)

Сорт	Степень подмерзания в баллах					
	Почки		Кора		Древесина	
	$+3, -25^{\circ}\text{C}$	$+5, -25^{\circ}\text{C}$	$+3, -25^{\circ}\text{C}$	$+5, -25^{\circ}\text{C}$	$+3, -25^{\circ}\text{C}$	$+5, -25^{\circ}\text{C}$
Антоновка обыкновенная (к)	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Болотовское	1,0	2,1	0,1	1,1	0,0	0,1
Веняминовское	0,4	1,3	0,0	0,3	0,0	0,1
Ветеран	0,8	1,7	0,2	0,9	0,0	0,0
Орлик	0,6	1,6	0,0	0,6	0,0	0,1
Рождественское	0,6	1,6	0,1	0,7	0,0	0,0
Свежесть	1,8	2,4	0,5	1,3	0,0	0,1
Синап орловский	0,1	1,5	0,0	0,8	0,0	0,0
$\bar{x}$	0,7	1,6	0,1	0,7	0,0	0,1
$\text{НСР}_{05}$	0,3	0,4	0,2	0,5	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$

В конце зимы все опытные сорта яблони характеризовались относительно высокой морозостойкостью к возвратному морозу  $-30^{\circ}\text{C}$  после трехдневной оттепели  $+3^{\circ}\text{C}$  и повторной закалки. Почки у сортов яблони повредились незначительно от 0,0...0,4 балла, ткани однолетних побегов сохранились здоровые. Повышение температуры до  $+5^{\circ}\text{C}$  и повторной закалке в марте неблагоприятно не отразилось на морозостойкости яблони при последующем понижении температуры до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Отметим незначительное повреждение почек однолетних побегов яблони от 0,2 до 1,1 балла, ткани при этом не повредились (таблица 5).



Таблица 5 – Повреждение почек после оттепелей +3 и +5°C и повторной закалки при -30°C (IV компонент)

Сорт	Степень подмерзания в баллах	
	+3, -5, -10, -30°C	+5, -5, -10, -30°C
Антоновка обыкновенная (к)	0,0	0,2
Болотовское	0,2	0,8
Веньяминовское	0,0	0,5
Ветеран	0,2	0,8
Орлик	0,1	0,6
Рождественское	0,1	0,7
Свежесть	0,4	1,1
Синап орловский	0,3	0,4
$\bar{x}$	0,2	0,6
НСР <sub>05</sub>	0,3	F <sub>ф</sub> <F <sub>т</sub>

### Выводы

В результате изучения основных компонентов зимостойкости установили влияние закалки на увеличение морозостойкости почек яблони в начале зимы. В закаленном состоянии сорта проявили морозостойкость почек и тканей однолетних побегов с обратимыми повреждениями при -38°C в середине зимы. Снижение температуры до -40°C в январе усилило повреждение почек, и древесины у изучаемых сортов, кора при этом характеризовалась большей морозостойкостью. По степени повреждения коры в январе при снижении температуры до -40°C сорта Рождественское, Свежесть, Синап орловский были на уровне контроля. В период оттепелей +3 и +5°C большинство сортов сохраняли закаленное состояние и выдерживали снижение температуры до -25°C с обратимыми повреждениями. При этом в большей степени страдали от отрицательной температуры почки, чем кора и древесина. Все сорта яблони были способны быстро восстанавливать уровень морозостойкости во время оттепелей +3 и +5°C при возвратном морозе -30°C в конце зимы. В результате проведенных исследований выделили зимостойкий сорт яблони Рождественское.

### Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений М.: ВСТИСП, 2011. 528 с.
3. Левитт Дж. Повреждение и выживание после замораживания и связь с другими повреждающими воздействиями // Холодостойкость растений. М.: Колос, 1983. С. 10-22.
4. Леонченко В.Г., Евсеева Р.П., Жбанова Е.В., Черенкова Т.А. Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на экологическую устойчивость и биохимическую ценность плодов (методические рекомендации). Мичуринск, 2007. 72 с.
5. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изучение сорто-подвойных комбинаций яблони по компонентам зимостойкости // Современное садоводство – Contemporary horticulture. 2013. №4. С.1-10. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2013/4/1.pdf>
6. Ожерельева З.Е., Седов Е.Н. Зимостойкость генотипов яблони разной ploидности селекции ВНИИСПК // Селекция и сорторазведение садовых культур. Орел: ВНИИСПК, 2015. Т. 2. С. 145-147.
7. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкость растений. М.: Наука, 1979. 352 с.

8. Тюрина М.М., Красова Н.Г., Резвякова С.В., Савельев Н.Г., Джигадло Е.Н., Огольцова Т.П. Изучение зимостойкости сортов плодовых и ягодных растений в полевых и лабораторных условиях // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 59-68.
9. Тюрина М.М., Гоголева Г.А., Ефимова Н.В., Голоулина Л.К., Морозова Н. Г., Эчеди Й.Й., Волков Ф.А., Арсентьев А.П., Матяш Н.А. Определения устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях. М.: ВСТИСП, 2002. 120 с.
10. Тюрина М.М., Макарова Ю.А., Кудрявец Р.П. Продуктивность, периодичность плодоношения и морозоустойчивость яблони под влиянием нагрузки урожая // Сельскохозяйственная биология. 2001. Т. 36, № 3. С. 84-90.
11. Ozherelieva Z.E., Prudnikov P.S., Bogomolova N.I. Frost hardiness of introduced Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) genotypes in Central Russia // Proceedings of Latvian Academy of sciences. Section B. 2016. Vol. 70, № 2. P. 88-95. DOI: <https://doi.org/10.1515/prolas-2016-0014>
12. Ozherelieva Z., Sedov E. Low temperature tolerance of apple cultivars of different ploidy at different times of the winter // Proceedings of Latvian Academy of sciences. Section B. 2017. Vol. 71, № 3. P. 127-131. DOI: <https://doi.org/10.1515/prolas-2017-0022>
13. Stushnoff C. Breeding and selection methods for cold hardiness in deciduous fruit crops // HortScience. 1973. Vol. 51, № 10. P. 10-13.

#### References

1. Dospheov, B.A. (1985). *Methods of the Field Experiment (with statistic processing of investigation results)*. Moscow: Agropromizdat. (In Russian).
2. Kichina, V.V. (2011). *Principles of orchard plant improvement*. Moscow: VSTISP. (In Russian).
3. Levitt, J. (1983). Damage and survival after freezing and connection with other damaging effects. In *Cold hardiness of plants* (pp. 10–22). Moscow, Kolos. (In Russian).
4. Leonchenko, V.G., Evseeva, R.P., Zhanova, E.V., & Cherenkova, T.A. (2007). *The preliminary selection of promising fruit genotypes for ecological resistance and biochemical value of fruit*. Michurinsk: VNIIS. (In Russian).
5. Ozherelieva, Z.E., Krasova, N.G., & Galasheva, A.M. (2013). Study of apple variety-rootstock combinations according to the winter hardiness components. *Sovremennoe sadovodstvo - Contemporary Horticulture*, 4, 1-10. Retrieved from: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2013/4/1.pdf>. (In Russian, English abstract).
6. Ozherelieva, Z.E., & Sedov, E.N. (2015). Winter hardiness of apple genotypes of different ploidy of VNIISPK breeding // Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops. Or: VNIISPK, 2, 145-147. (In Russian, English abstract).
7. Tumanov, I.I. (1979). *Physiology of hardening and frost resistance of plants*. Moscow: Nauka, 1979. (In Russian).
8. Tyurina, M.M., Krasova, N.G., Rezvyakova, S.V., Saveliev, N.I., Dzhigadlo, E.N., & Ogoltsova, T.P. (1999). Study of winter hardiness of fruit and berry cultivars under the field and laboratory conditions. In: E.N. Sedov, T.P. Ogoltsova (Eds.) *Program and methods of fruit, berry and nut crop breeding* (pp. 59-68). Or: VNIISPK. (In Russian).
9. Tyurina, M.M., Gogoleva, G.A., Efimova, N.V., Goloulina, L.K., Morozova, N.G., Echedi, I.I., Volkov, F.A., Arsentiev, A.P. & Matyash, N.A. (2002). The estimation of fruit and berry crop resistance to the stressors of a cold year period in the field and controlled conditions: Methodical instructions. Moscow: VSTISP. (In Russian).



10. Tyurina, M.M., Makarova, Yu.A., & Kudryavetz., R.P. (2001). Productivity, fruiting periodicity and frost resistance of apple under the influence of yield load. *Agricultural biology*, 36(3), 84-90. (In Russian & English abstract).
11. Ozherelieva, Z.E., Prudnikov, P.S., & Bogomolova, N.I. (2016). Frost hardiness of introduced Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) genotypes in Central Russia. *Proceedings of Latvian Academy of sciences. Section B*, 70(2), 88-95. <https://doi.org/10.1515/prolas-2016-0014>
12. Ozherelieva, Z., & Sedov, E. (2017). Low temperature tolerance of apple cultivars of different ploidy at different times of the winter. *Proceedings of Latvian Academy of sciences. Section B*. 71(3), 127-131. <https://doi.org/10.1515/prolas-2017-0022>
13. Stushnoff, C. (1973). Breeding and selection methods for cold hardiness in deciduous fruit crops. *HortScience*, 51(10), 10-13.