



Роль генотипа сливы в наследовании признака устойчивости к низким отрицательным температурам

© 2021. В. С. Симонов, Ю. В. Бурменко✉

ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», г. Москва, Российская Федерация

Для оценки степени наследования у генотипов сливы признака устойчивости к воздействию повреждающими факторами среды холодного времени года (после оттепели и после оттепели с последующей закалкой) и выявления форм с высокой устойчивостью к низким отрицательным температурам в 2019-2020 гг. был заложен эксперимент по промораживанию в контролируемых условиях (климатическая камера ТН-6 (JEIO TECH, Корея)). Объектами эксперимента являлись однолетние побеги сеянцев трех гибридных семей, полученных в результате контролируемой гибридизации в 2016 году (УБ 8 × Смолинка, Кубанская Комета × Утро, Кубанская комета × Смолинка), а также родительских сортов: Кубанская Комета, Смолинка, Утро и гибрида УБ 8 с различными формами полевой устойчивости к низким отрицательным температурам (на основании среднесезонных наблюдений в 2007-2015 гг.) и с высокими показателями хозяйственно ценных признаков. Для каждого компонента изучения зимостойкости были подобраны температурные режимы промораживания: -22 °С в течение 15 часов после 5-дневной оттепели +3 °С (III компонент); -34 °С после 5-дневной оттепели и последующей закалкой при -5 °С в течение 5 дней, затем 5 дней при -10 °С (IV компонент). В результате оценки устойчивости гибридов к низким отрицательным температурам отмечено, что после оттепели у 73 % гибридов повреждений не выявлено; после оттепели с последующей закалкой общая степень подмерзания гибридов варьировала в пределах от 0,5 (УБ 8 × Смолинка, форма № 10) до 4 баллов (УБ 8 × Смолинка, форма № 4). Генотипы из семей УБ 8 × Смолинка (формы № 1, 10), Кубанская комета × Утро (форма № 3), Кубанская комета × Смолинка (форма № 2), устойчивые к воздействию перепадов температур от положительных до отрицательных с закалкой, представляют интерес для дальнейшего селекционного изучения. Оценка влияния генома родительских форм на наследование у гибридов устойчивости к низким отрицательным температурам по IV компоненту методом ранговой корреляции Спирмена выявила среднюю прямую незначимую корреляцию между зимостойкостью у родительских форм и гибридов.

Ключевые слова: слива домашняя, слива русская, гибриды, морозостойкость, контролируемые условия, компоненты морозостойкости

Благодарность: работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» (тема № 0575-2019-0027).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Симонов В. С., Бурменко Ю. В. Роль генотипа сливы в наследовании признака устойчивости к низким отрицательным температурам. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(4):542-550. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.542-550>

Поступила: 20.04.2021

Принята к публикации: 22.07.2021

Опубликована онлайн: 26.08.2021

The role of plum genotype in the inheritance of the trait of resistance to low negative temperatures

© 2021. Vladimir S. Simonov, Yulia V. Burmenko✉

Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russian Federation

To assess the degree of inheritance in plum genotypes of the trait of resistance to the effects of damaging environmental factors of the cold season (after a thaw and after a thaw with subsequent hardening) and to identify forms with high resistance to low negative temperatures, in 2019-2020 an experiment on freezing under controlled conditions was set up (climatic chamber TH-6 (JEIO TECH, Korea)). The objects of the experiment were one-year shoots of seedlings of three hybrid families obtained as a result of controlled hybridization in 2016 (UB 8 × Smolinka, Kubanskaya Kometa × Utro, Kubanskaya Kometa × Smolinka), as well as parental varieties: Kubanskaya Kometa, Smolinka, Utro and hybrid UB 8 with various forms of field resistance to low negative temperatures (based on average long-term observations in 2007-2015) and with high indicators of agronomic valuable traits. For each component of the study of winter hardiness, the temperature regimes of freezing were selected: -22 °C for 15 hours after 5 days of thaw +3 °C (III component); -34 °C after 5 days of thaw and subsequent hardening at -5 °C within 5 days, then at -10 °C for 5 days (IV component). As a result of assessing the resistance of the hybrids to low negative temperatures, it was noted that after the thaw 73 % of the hybrids showed no damage; after a thaw followed by hardening, the total degree of freezing of hybrids varied from 0.5 points (UB 8 × Smolinka, form No. 10) to 4 points (UB 8 × Smolinka, form No. 4). Genotypes resistant to temperature changes from positive to negative with hardening from families UB 8 × Smolinka (forms No. 1, 10), Kubanskaya Kometa × Utro (form No. 3), Kubanskaya Kometa × Smolinka (form No. 2) are of interest for further breeding research. Assessment of the influence of the genome of parental forms on

inheritance in hybrids of resistance to low negative temperatures according to component IV using the Spearman rank correlation method revealed an average direct insignificant correlation between winter hardiness in parental forms and hybrids.

Keywords: *prunus domestica, prunus × rossica, hybrids, frost resistance, controlled conditions, components of frost resistance*

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (theme No. 0575-2019-0027).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citations: Simonov V. S., Burmenko J. V. The role of plum genotype in the inheritance of the trait of resistance to low negative temperatures. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(4):542-550. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.542-550>

Received: 20.04.2021

Accepted for publication: 22.07.2021

Published online: 26.08.2021

Создание интенсивных насаждений сливы возможно при использовании сортов как адаптивных к абиотическим [1, 2] и биотическим факторам среды (включая толерантность к карантинным вирусам, в частности вирусу Шарки сливы – Plum pox virus) [2, 3, 4], так и продуктивных (не менее 20 кг с дерева), обладающих естественным сдержанным ростом [5, 6, 7], пригодных для механизированной уборки и с разным сроком созревания, продлевающим потребление плодов в свежем виде. Кроме технологических качеств, сорта, вовлеченные в производство и селекционный процесс, должны иметь высокое качество плодов [3, 6] с повышенным количественным содержанием биологически активных веществ [8, 9, 10].

Лимитирующими абиотическими факторами среды в регионах России, где возделывается слива русская и домашняя, является повреждение растений в позднеосенний, зимний и ранневесенний периоды низкими отрицательными температурами [11, 12, 13, 14, 15]. В зависимости от региона, стабильно критическими для возделывания могут быть низкие температуры одного или нескольких из этих периодов.

Наследование признака устойчивости к низким отрицательным температурам у косточковых культур полигенное [16], включает комплексный ответ конкретного генотипа на совокупность условий среды, в том числе различных температурных режимов, сопровождающих сезонные фазы роста и развития.

М. М. Тюриной с соавторами (2002) для древесных растений умеренного климата, на основе исследований по физиологии устойчивости к повреждающим факторам среды холодного времени года, были выделены 5 компонентов, составляющих общую морозоустойчивость генотипов: I компонент – устой-

чивость к осенним заморозкам и ранним морозам; II компонент – максимальная величина морозостойкости, развиваемая растениями после окончания органического покоя в благоприятных для закаливания условиях; III компонент – способность сохранять устойчивость в период оттепелей и при нагреве штамбов и скелетных ветвей солнцем; IV компонент – способность восстанавливать морозостойкость при повторной закалке после оттепелей; V компонент – устойчивость к весенним заморозкам бутонов, цветков и завязей¹.

В условиях Центрального Нечерноземья РФ критическими являются I, II, III и IV компоненты. В периоды с низкими отрицательными температурами повреждаются сосудистые системы почек, сами почки, в большей части цветковые, ткани побегов. На основании исследований, проведенных ранее нами [17, 18], а также Н. А. Федоровой с Г. Ю. Упадышевой [19, 20], установлены оптимальные температурные режимы для эксперимента в контролируемых условиях (наиболее приближенные для условий Центрального Нечерноземья РФ): I компонент – до -22 °С; II компонент – -32...-38 °С; III компонент – -19...-25 °С; IV компонент – -29...-35 °С.

Основным методом повышения зимостойкости сортов плодовых культур является вовлечение в селекционный процесс генотипов с комплексной устойчивостью к низким отрицательным температурам (I-V компоненты), лимитирующим получение урожая в регионе возделывания культуры.

Получение новых сортов промышленного назначения невозможно без комплексного изучения новых генотипов, в том числе их устойчивости к лимитирующим факторам среды в районе возделывания.

¹Тюрина М. М., Гоголева Г. А., Ефимова Н. В., Голоулина Л. К., Морозова Н. Г., Эчеиди Й. Й. и др. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях: методические рекомендации. М.: ВСТИСП, 2002. 120 с.

Цель исследования – определить по фенотипическому проявлению признака устойчивости к воздействию повреждающим факторам среды холодного времени года (в контролируемых условиях), его наследование у межсортовых и межвидовых гибридов сливы домашней и русской, полученных в результате направленных скрещиваний, и выделить формы с высокой устойчивостью к низким отрицательным температурам.

Материал и методы. В условиях Московской области в коллекционных насаждениях ФГБНУ ФНЦ Садоводства (2006 г. посадки) на основании полевых наблюдений (2007-2015 гг.) отобраны 4 генотипа сливы (сорта Смолинка, Утро, Кубанская Комета и форма УБ 8) с целью вовлечения в селекционный процесс в качестве родителей. Родительские генотипы различны по полевой устойчивости к низким отрицательным температурам и обладают высокими показателями хозяйственно ценных признаков. В 2016 г. произведены скрещивания в следующих комбинациях: УБ 8 × Смолинка, Кубанская Комета × Утро, Кубанская комета × Смолинка.

Анализ многолетних климатических условий проводили на основе открытых данных сайта «Погода и климат»² и автоматической метеостанции ФГБНУ «Центральное УГМС»³, расположенной в п. Измайлово Ленинского района Московской области.

Полевую устойчивость родительских генотипов оценивали по методике изучения зимостойкости сортов плодовых и ягодных растений в полевых и лабораторных условиях⁴.

Лабораторный эксперимент был проведен в 2019-2020 гг. Объектами исследований являлись однолетние побеги (по 10 шт. с каждого растения), срезанные со средней части кроны с разных сторон света во второй декаде ноября 2019 г. у 3-летних гибридных сеянцев (УБ 8 × Смолинка – 13 шт., Кубанская Комета × Утро – 7 шт., Кубанская комета × Смолинка – 2 шт.), сортов и форм сливы домашней (Смолинка, Утро, форма УБ 8) и сливы русской (Кубанская Комета). До начала эксперимента

побеги, упакованные в пищевую пленку, хранили при температуре 0 °С в холодильном шкафу ШХ-07 (Polair, Россия). Промораживание побегов проводили в напольной испытательной камере тепла-холода ТН-6 (JEIO TECH, Корея). Температурные режимы промораживания для каждого компонента были подобраны на основании исследований предыдущих лет (III компонент: -22 °С в течение 15 часов после 5-дневной оттепели +4,5 °С; IV компонент: -34 °С после 5-дневной оттепели и последующей закалкой при -5 °С в течение 5 дней и столько же дней при -10 °С) [17, 18, 19, 20]. Отращивание побегов после промораживания проводили в течение 5-7 дней при комнатной температуре в сосудах с дистиллированной водой. Объекты оценивались в соответствии с методическими рекомендациями⁵. Оценку повреждения проводили визуально в баллах по степени изменения цвета (побурения) органов и тканей (от 0 баллов – повреждений нет, до 5 баллов – почки и ткани погибли). Ранжирование образцов по повреждению вегетативных и генеративных почек проводили в зависимости от степени повреждения (подмерзания): устойчивые (0-1,5 балла), среднеустойчивые (1,6-2,5 балла), малоустойчивые (2,6-5,0 баллов); по повреждению тканей: кора – устойчивые (0-0,5 балла), среднеустойчивые (0,6-2,0 балла), малоустойчивые (2,1-5,0 баллов); по повреждению ксилемы – устойчивые (0-2 балла), среднеустойчивые (2,1-3,0 балла), малоустойчивые (3,1-5,0 баллов). На основании сведений о повреждениях оценивали общую устойчивость генотипов к резкому понижению температур после продолжительных оттепелей и к их перепадам (от положительных до низких отрицательных) с предварительной закалкой: устойчивые или морозостойкие – все органы и ткани устойчивые; среднеустойчивые или среднеморозостойкие – один(а) из тканей или органов среднеустойчивые, другие средне- и устойчивые; малоустойчивые или маломорозостойкие – один(а) из органов или тканей неустойчивые.

²Погода и климат. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (дата обращения: 25.03.2021).

³Центральное УГМС. Дорожная карта [Электронный ресурс]. URL: <http://ecomos.ru/> (дата обращения: 25.03.2021).

⁴Тюрина 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 культур (Жилина), 1999. С. 59-68.

⁵Тюрина М. М., Гоголева Г. А., Ефимова Н. В., Голоулина Л. К., Морозова Н. Г., Эчеде И. И. и др. Указ. соч.

Статистическую обработку результатов проводили по методическим рекомендациям Б. А. Доспехова⁶ с использованием пакета программ Microsoft Office 2007. Оценку наследования у гибридов устойчивости к низким температурам (после воздействия перепадов температур от положительных до отрицательных с закалкой) в зависимости от родительских форм определяли методом ранговой корреляции Спирмена по формуле:

$$\rho = 1 - 6 \frac{\sum d^2}{n^3 - n}, \quad (1)$$

где $\sum d^2$ – сумма квадратов разностей между рангами; n – количество признаков, участвовавших в ранжировании. Корреляция считается сильной, если коэффициент находится в пределах от $\pm 0,7$ до ± 1 ; от $\pm 0,3$ до $\pm 0,699$ – средней; от 0 до $\pm 0,299$ – слабой. Для проверки гипотезы о равенстве нулю генерального коэффициента ранговой корреляции Спирмена при конкурирующей гипотезе $H_1: \rho \neq 0$ при уровне значимости 0,05 вычисляли критическую точку по формуле:

$$T_{kp} = t(\alpha, k) \sqrt{\frac{1 - \rho^2}{n - 2}}, \quad (2)$$

где n – объем выборки; ρ – выборочный коэффициент ранговой корреляции Спирмена; $t(\alpha, k)$ – критическая точка двусторонней критической области, которую находят по таблице критических точек распределения Стьюдента, по уровню значимости α и числу степеней свободы $k = n - 2$. Если $|\rho| < T_{kp}$ – нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу. Ранговая корреляционная связь между качественными признаками не значима. Если $|\rho| > T_{kp}$ – нулевую гипотезу отвергают.

Таблица 1 – Температурные условия среды в период исследований, п. Измайлово Ленинского района Московской области (2007-2015 гг.) /

Table 1 – Temperature conditions of the environment during the research period, Izmailovo settlement, Leninsky District, Moscow Region (2007-2015)

Показатель / Indicator	Месяц / Month				
	январь / january	февраль / february	март / march	ноябрь / november	декабрь / december
t °C, среднесуточное значение / t °C, long-term average annual value	-7,0	-6,3	0,4	1,2	-3,6
t °C, min среднесуточное значение / t °C, min long-term average annual value	-20,6	-19,5	-12,3	-9,6	-16,7
t °C, max среднесуточное значение / t °C, max long-term average annual value	2,21	3,16	11,90	10,87	6,22
Количество дней > +1 °C / Number of days > +1 °C	3	3	12	16	6

⁶Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.

Результаты и их обсуждение. Наблюдения за погодно-климатическими условиями (ноябрь-март) с 2007 по 2015 год в условиях Московской области выявили, что средняя температура воздуха за исследуемый период варьировала от -14,5 °C (январь 2010 г., отклонение от среднесуточной нормы -7,0 °C) до +4,4 °C (март 2008 г., отклонение от среднесуточной нормы +5,8 °C). Самым холодным месяцем был январь, среднесуточное значение с 2007 по 2015 г. составило -7 °C (табл. 1). Самые низкие среднесуточные минимальные температуры выявлены в январе (-20,6 °C), в 2010 г. отмечено снижение до -25,9 °C. Максимальная среднесуточная температура самой высокой была в ноябре (+10,87 °C). В этот период отмечено и наибольшее количество дней выше +1 °C (16 дней). Критических температурных условий не выявлено.

Близкими к критическим (в разные периоды холодного времени года) были температуры в 2008 г., 2010 г., 2013 г. и 2014 г. В мае 2008 г. отмечены отрицательные температуры (-3 °C), которые в период цветения привели к повреждению цветковых почек (V компонент). В январе 2010 г. наблюдались температуры ниже -25 °C (II компонент). В 2013 г. – оттепель (около +2 °C) в третьей декаде февраля и мороз первой декады марта (-18 °C в течение 12 часов, III компонент). В 2014 году оттепель (+2...+3 °C) в третьей декаде января с последующим за ней 15-дневным периодом с отрицательными температурами -10...-16 °C и морозом -28 °C (IV компонент) вызвали подмерзание органов и тканей у неадаптивных сортов сливы.

В период с 2007 по 2015 г. изучаемые сорта и формы сливы домашней и русской проявили различную степень устойчивости

к воздействию повреждающими факторами среды холодного времени года в полевых и лабораторных условиях (табл. 2).

Таблица 2 – Устойчивость к воздействию повреждающими факторами среды холодного времени года родительских форм межвидовых и межсортных гибридов сливы /

Table 2 – Resistance to the impact of damaging environmental factors of the cold season of parental forms of interspecific and intervarietal prunus hybrids

Сорт, форма / Variety, form	Родительская форма / Parent forms	Среднепогодная (2007-2015) устойчи- вость к низким температурам, балл / Average long- term (2007-2015) resistance to low temperatures, points	Степень повреждения однолетних побегов в контролируемых условиях, балл / Degree of damage to 1-year-old shoots under controlled conditions, points			
			-22 °C*		-34 °C**	
			почки; кора; ксилема / buds; bark; xylem	общая степень/ total degree	почки; кора; ксилема / buds; bark; xylem	общая степень/ total degree
Prunus×rossica Erem.						
Кубанская Комета / Kubanskaya Kometa	Скороплодная × Пионерка / Skoroplodnaya × Pionerka	3,0	2,5; 2,8; 0,5	2,8	5,0; 2,5; 3,5	5,0
Prunus domestica L.						
Смолинка / Smolinka	Очаковская Черная × Ренклод Улленса / Ochakovskaya Cherna- ya × Renklod Ullensa	2,5	0; 0; 0	0	0,5; 0; 2,5	2,5
Утро / Utro	Скороспелка красная × Ренклод Улленса / Skorospelka Krasnaya × Renklod Ullensa	2,5	0; 0; 0	0	2,5; 0; 3,5	3,5
УБ 8 / UB 8	Сеянец от свободного опыления формы УБ / Seedling from free pollination of UB form	1,5	0; 0; 0	0	0,5; 0; 2,0	2,0

* III компонент морозоустойчивости, ** IV компонент морозоустойчивости /

* III component of frost resistance, ** IV component of frost resistance

В полевых условиях повреждения растений факторами среды холодного времени года зимы варьировали от 1,5 (УБ 8) до 3 баллов (Кубанская Комета). Чаще всего у сорта Кубанская Комета отмечались подмерзания подпочковых проводящих пучков у вегетативных и генеративных почек.

У сортов Смолинка и Утро устойчивость к низким температурам выше на 0,5 балла. Выявлены повреждения генеративных почек, тканей побега. Повреждающие условия среды, отличившиеся наибольшей близостью к критическим, в 2008, 2010, 2013 и 2014 гг. у сортов и форм не приводили к существенному (более 50 %) снижению урожайности, что соотносится с результатами, полученными Г. Ю. Упадышевой и Н. А. Федоровой в этот же период [19, 20].

В контролируемых условиях повреждения у однолетних побегов сортов Смолинка,

Утро и формы УБ 8 в режиме III компонента не обнаружено. У однолетних побегов сорта Кубанская Комета выявлены повреждения как органов, так и тканей (общая степень подмерзания 2,8 балла). По совокупной степени подмерзания органов и тканей однолетних побегов сорт Кубанская Комета можно отнести к группе малоустойчивых или маломорозостойких (повреждение коры составило 2,8 балла).

По IV компоненту у образцов выявлены повреждения от 2 (УБ 8) до 5 баллов (Кубанская Комета).

По комплексу подмерзаний выделены три группы: 1) малоустойчивые или маломорозостойкие – Кубанская Комета (повреждение всех органов и тканей) и Утро (повреждение ксилемы 3,5 балла); 2) среднеустойчивые или среднеморозостойкие – Смолинка (повреждение ксилемы 2,5 балла); 3) устойчивые или морозостойкие – УБ 8 (все органы и ткани устойчивые).

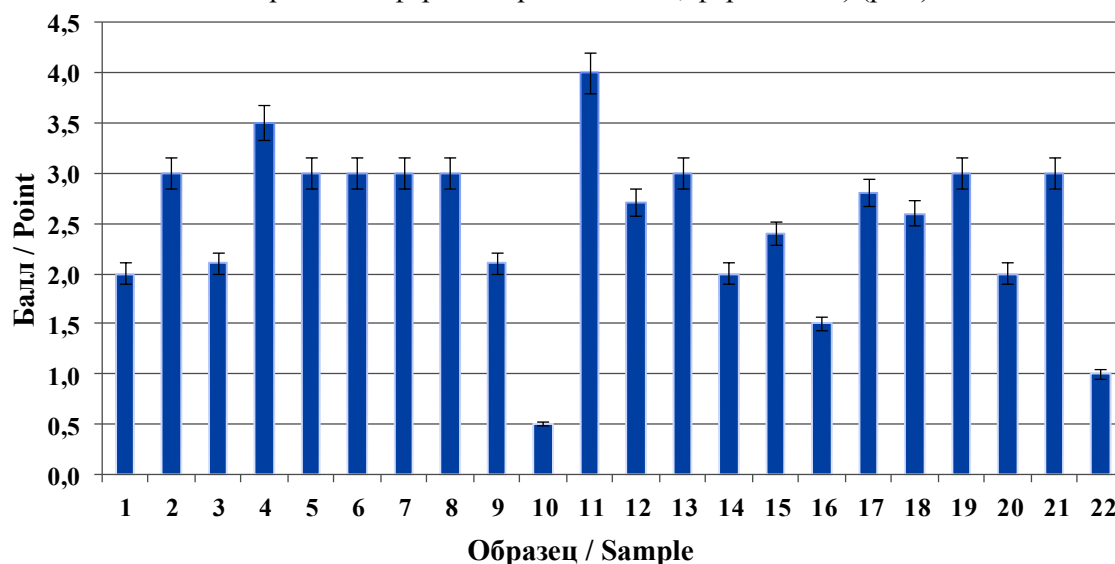
По результатам изучения в полевых и контролируемых условиях (III и IV компоненты) образцы отнесены к группам: *слабозимостойкие* (сильно повреждающиеся в критические зимы, частично восстанавливающие крону в последующие вегетационные периоды, после критической зимы обычно не плодоносят) – Кубанская Комета (гибель почек на однолетних побегах) и Утро (повреждения ксилемы 3,5 балла); *среднезимостойкие* (урожайность после обычных зим не снижается, в критические – не опускается ниже 50 %) – Смолинка; *зимостойкие* (не снижается урожайность после перезимовки в критических условиях) – форма УБ 8.

Признак «зимостойкость» у гибридного потомства обусловлен генетическим происхождением родительских форм. Например, у сорта Кубанская Комета материнская форма сорт

Скороплодная (Уссурийская красная × Клаймакс (Climax)) является донором зимостойкости (-35 °C, II компонент) [17, 21].

Анализ результатов оценки степени повреждения низкими температурами в контролируемых условиях у однолетних побегов гибридного потомства в режиме III компонента выявил, что 73 % гибридов не имеют повреждений органов и тканей (в межвидовых семьях Кубанская комета × Утро и Кубанская Комета × Смолинка – 100 %). В семье УБ 8 × Смолинка были выявлены повреждения вегетативных почек (от 2 до 3 баллов) у форм № 2, № 3 и № 6.

Повреждения в результате воздействия условиями IV компонента отмечены у гибридов всех изучаемых семей от 0,5 (УБ 8 × Смолинка, форма № 10) до 4 баллов (УБ 8 × Смолинка, форма № 11) (рис.).



1-13 образец – УБ 8 × Смолинка (формы 1-13); 14-20 образец – Кубанская комета × Утро (формы 1-7); 21-22 образец – Кубанская Комета × Смолинка (формы 1-2) / 1-13 sample – UB 8 × Smolinka (forms 1-13); 14-20 sample – Kubanskaya Kometa × Utro (forms 1-7); 21-22 sample – Kubanskaya Kometa × Smolinka (forms 1-2)

Рис. Общая степень подмерзания органов и тканей межсортных и межвидовых гибридов сливы после воздействия перепадов температур от положительных до низких отрицательных с предварительной закалкой (IV компонент), балл /

Fig. The total degree of freezing of organs and tissues of interspecific and intervarietal hybrids of plum after exposure to temperature drops from positive to low negative with preliminary hardening (IV component), point

Устойчивые к перепадам температуры (от положительных до низких отрицательных с предварительной закалкой) гибриды отмечены во всех семьях: УБ 8 × Смолинка (формы № 1, 10); Кубанская Комета × Утро (форма № 3); Кубанская Комета × Смолинка (форма № 2). Выявлена положительная трансгрессия признака устойчивости к воздействию повреждающими факторами среды холодного времени года после оттепели и оттепели

с последующей закалкой. Более 45 % гибридов во всех семьях являлись среднеустойчивыми по сумме компонентов.

Оценка влияния генома родительских форм на наследование у гибридов устойчивости к низким температурам по IV компоненту методом ранговой корреляции Спирмена выявила, что коэффициент корреляции для всех родительских форм находится в диапазоне от $\pm 0,3$ до $\pm 0,699$ (табл. 3).

Таблица 3 – Оценка методом ранговой корреляции Спирмена влияния генома родительских форм на наследование у гибридов сливы устойчивости к низким температурам после воздействия перепадов температур от положительных до отрицательных с закалкой /
Table 3 – Evaluation by the Spearman rank correlation method of the effect of the genome of parental forms on the inheritance of resistance to low temperatures in plum hybrids after exposure to temperature changes from positive to negative with hardening

Сорт, форма / Variety, form	Коэффициент ранговой корреляции (p) / Rank correlation coefficient (p)	Критическая точка ($T_{кр}$) / Critical point ($T_{кр}$)
<i>Prunus × rossica</i> Erem.		
Кубанская Комета / Kubanskaya Kometa	0,424	0,97
<i>Prunus domestica</i> L.		
Смолинка / Smolinka	0,459	0,62
Утро / Utro	0,424	1,28
УБ 8 / UB 8	0,458	0,7

Данные показателя соответствуют средней прямой корреляции между зимостойкостью у родительских форм и гибридов. В связи с тем, что для всех объектов $|p| < T_{кр}$, нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу. Ранговая корреляционная связь между качественными признаками незначима.

Выводы. 1. В результате исследования в полевых и лабораторных условиях (по III и IV компонентам) устойчивости генотипов сливы домашней и русской к воздействию повреждающими факторами среды холодного времени года установлено, что сорта Кубанская Комета и Утро являются слабоморозостойкими, Смолинка – среднеморозостойким, а форма УБ 8 – морозостойкой.

2. У 73 % изучаемых гибридов в лабораторных условиях отсутствовали повреждения

от воздействия низкими отрицательными температурами после оттепели (III компонент). Общая степень подмерзания гибридов после оттепели с последующей закалкой (IV компонент) варьировала от 0,5 (УБ 8 × Смолинка, форма № 10) до 4 баллов (УБ 8 × Смолинка, форма № 4). Генотипы из семей УБ 8 × Смолинка (форма № 1, 10), Кубанская Комета × Утро (форма № 3), Кубанская Комета × Смолинка (форма № 2) представляют интерес для дальнейшего селекционного изучения.

3. Оценка влияния генома родительских форм на наследование у гибридов устойчивости к низким температурам по IV компоненту методом ранговой корреляции Спирмена выявила среднюю прямую незначимую корреляцию между зимостойкостью у геномов родительских форм и гибридов.

Список литературы

1. Milošević T., Milošević N. Plum (*Prunus* spp.) breeding. Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits. Springer, Cham, 2018. 165-215. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91944-7_5
2. Butac M., Botu M., Militaru M., Mazilu C., Dutu I., Nicolae S. Plum Germplasm Resources and Breeding in Romania. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2019;73(3):214-219. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2019-0034>
3. Butac M. Plum Breeding. Prunus. IntechOpen, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.92432>
4. Hartmann W. Sharka-Resistant Plum Hybrids and Cultivars from the Plum Breeding Programme at Hohenheim. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2019;73(3):226-231. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2019-0036>
5. Еремин Г. В. Совершенствование сортимента сливы русской. Плодоводство и ягодоводство России. 2017;48(1):98-102. Режим доступа: <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/21>
6. Заремук Р. III. Сорта для конструирования современных насаждений сливы на юге России. Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2018;(13):46-52. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34915896&>
7. Парахин Н. В. Современное садоводство России и перспективы развития отрасли. Современное садоводство. 2013;(2(6)):114-122. Режим доступа: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2013/2/51.pdf>
8. Попов М. А., Новоторцев А. А., Богданов Р. Е., Кружков А. В. Совершенствование сортимента и технологий возделывания вишни и сливы в средней полосе России. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(2):39-44. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10210>
9. Lara M. V., Bonghi C., Famiani F., Vizzotto G., Walker R. P., Drincovich M. F. Stone fruit as biofactories of phytochemicals with potential roles in human nutrition and health. Frontiers in Plant Science. 2020;11:562252. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.562252>

10. Заремук Р. Ш., Алехина Е. М., Богатырева С. В., Доля Ю. А. Результаты селекции косточковых культур в условиях юга России. Российская сельскохозяйственная наука. 2017;(3):10-13. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29160061>
11. Богданов Р. Е., Богданов О. Е. Оценка устойчивости гибридов сливы к повторным морозам после оттепелей. Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020;7(1-2):28-30. DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-0454-2020-11207>
12. Федотова И. Э., Острикова О. В., Колесникова А. Ф. Изучение компонентов зимостойкости сортов сливы в зависимости от видового происхождения в условиях контролируемого режима. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2015;(4):261-265. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24910873>
13. Яковлева В. В., Сеткова Л. Г. Изучение зимостойкости сливы в условиях приморского края. Аграрный вестник Приморья. 2019;(2):12-15. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41297037>
14. Солонкин А. В., Никольская О. А., Киктева Е. Н. Изучение компонентов зимостойкости сливы различного происхождения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020;(2(58)):95-104. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-09>
15. Горина В. М., Лукичева Л. А. Перспективы повышения устойчивости растений алычи (*Prunus cerasifera* Ehrh.) к воздействию отрицательных температур воздуха в условиях степного Крыма. Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019;(132):67-71. DOI: <https://doi.org/10.25684/NBG.buolt.132.2019.08>
16. Quesada-Traver C., Guerrero B. I., Badenes M. L., Rodrigo J., Ríos G., Lloret A. Structure and Expression of Bud Dormancy-Associated MADS-Box Genes (DAM) in European Plum. Frontiers in plant science. 2020;11:1288. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01288>
17. Симонов В. С. Результаты сортоизучения сливы в ФГБНУ ВСТИСП. Плодоводство и ягодоводство России. 2017;48(1):232-239. Режим доступа: <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/52>
18. Симонов В. С. Характер наследования зимостойкости в гибридных семьях сливы. Плодоводство и ягодоводство России. 2015;41:330-334. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23589204>
19. Федорова Н. А., Упадышева Г. Ю. Морозостойкость диплоидной сливы на разных клоновых подвоях при промораживании в контролируемых условиях Плодоводство и ягодоводство России. 2014;39:240-243. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21519958>
20. Упадышева Г. Ю. Продуктивность сливы русской при выращивании на клоновых подвоях в Подмосковье. Садоводство и виноградарство. 2014;(2):33-37. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21503972>
21. Резвякова С. В. Зимостойкость садовых культур различного эколого-географического происхождения (Обзор). Биология в сельском хозяйстве. 2017;1(14):12-19. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28399342>

References

1. Milošević T., Milošević N. Plum (*Prunus* spp.) breeding. Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits. Springer, Cham, 2018. 165-215. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91944-7_5
2. Butac M., Botu M., Militaru M., Mazilu C., Dutu I., Nicolae S. Plum Germplasm Resources and Breeding in Romania. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2019;73(3):214-219. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2019-0034>
3. Butac M. Plum Breeding. *Prunus*. IntechOpen, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.92432>
4. Hartmann W. Sharka-Resistant Plum Hybrids and Cultivars from the Plum Breeding Programme at Hohenheim. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2019;73(3):226-231. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2019-0036>
5. Eremin G. V. *Sovershenstvovanie sortimenta slivy russkoy*. [Improving of the assortment of russian plum]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2017;48(1):98-102. (In Russ.). URL: <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/21>
6. Zaremuk R. Sh. *Corta dlya konstruirovaniya sovremennykh nasazhdeniy slivy na yuge Rossii*. [The varieties for designing modern plum trees in the south of Russia]. *Izvestiya sel'skokhozyaystvennoy nauki Tavridy* = Transactions of Taurida Agricultural Science. 2018;(13):46-52. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34915896&>
7. Parakhin N. V. *Sovremennoe sadovodstvo Rossii i perspektivy razvitiya otrasli*. [Modern gardening of Russia and prospects of the branch development]. *Sovremennoe sadovodstvo* = Cotemporary horticulture. 2013;(2(6)):114-122. (In Russ.). URL: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2013/2/51.pdf>
8. Popov M. A., Novotortsev A. A., Bogdanov R. E., Kruzhkov A. V. *Sovershenstvovanie sortimenta i tekhnologiy vozdeleyvaniya vishni i slivy v sredney polose Rossii*. [Improvement of the assortment and cultivation technologies of cherry and plum in central Russia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2019;33(2):39-44. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10210>
9. Lara M. V., Bonghi C., Famiani F., Vizzotto G., Walker R. P., Drincovich M. F. Stone fruit as biofactories of phytochemicals with potential roles in human nutrition and health. Frontiers in Plant Science. 2020;11:562252. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.562252>
10. Zaremuk R. Sh., Alekhina E. M., Bogatyreva S. V., Dolya Yu. A. *Rezultaty seleksii kostochkovykh kul'tur v usloviyakh yuga Rossii*. [The results of breeding of stone fruit crops in the conditions of the south of Russia]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Sciences. 2017;(3):10-13. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29160061>

11. Bogdanov R. E., Bogdanov O. E. *Otsenka ustoychivosti gibridov slivy k povtornym morozam posle ottepeley*. [Evaluation of plum hybrid resistance to repetitive of frosts after thaw periods]. *Seleksiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur*. 2020;7(1-2):28-30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-0454-2020-11207>
12. Fedotova I. E., Ostrikova O. V., Kolesnikova A. F. *Izuchenie komponentov zimostoykosti sortov slivy v zavisimosti ot vidovogo proiskhozhdeniya v usloviyakh kontroliruemogo rezhima*. [Studying of components of winter hardiness of grades of plum depending on a specific origin in the conditions of the controlled mode]. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye, tekhnicheskie i meditsinskie nauki* = Scientific Notes of Orel State University. 2015;(4):261-265. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24910873>
13. Yakovleva V. V., Setkova L. G. *Izuchenie zimostoykosti slivy v usloviyakh primorskogo kraia*. [The study of the hardiness of plums in the conditions of Primorsky region]. *Agrarnyy vestnik Primor'ya*. 2019;(2):12-15. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41297037>
14. Solonkin A. V., Nikol'skaya O. A., Kikteva E. N. *Izuchenie komponentov zimostoykosti slivy razlichnogo proiskhozhdeniya*. [Study of components of winter resistance of plum of different origin]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* = Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2020;(2(58)):95-104. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-09>
15. Gorina V. M., Lukicheva L. A. *Perspektivy povysheniya ustoychivosti rasteniy alychi (Prunus cerasifera Ehrh.) k vozdeystviyu otritsatel'nykh temperatur vozdukh v usloviyakh stepnogo Kryma*. [Prospects for increasing the resistance of cherry-plum (*Prunus cerasifera* Ehrh.) plants to the impact of negative air temperatures in the steppe Crimea]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2019;(132):67-71. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.08>
16. Quesada-Traver C., Guerrero B. I., Badenes M. L., Rodrigo J., Ríos G., Lloret A. Structure and Expression of Bud Dormancy-Associated MADS-Box Genes (DAM) in European Plum. *Frontiers in plant science*. 2020;11:1288. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01288>
17. Simonov V. S. *Rezultaty sortoizucheniya slivy v FGBNU VSTISP*. [The results of the study of plum varieties at the FSBSI ARHIBAN]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2017;48(1):232-239. (In Russ.). URL: <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/52>
18. Simonov V. S. *Kharakter nasledovaniya zimostoykosti v gibridnykh sem'yakh slivy*. [Inheritance nature of winter hardiness in plum hybrid families]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2015;41:330-334. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23589204>
19. Fedorova N. A., Upadysheva G. Yu. *Morozostoykost' diploidnoy slivy na raznykh klonovykh podvoyakh pri promorazhivaniy v kontroliruemyykh usloviyakh*. [Diploid plum frost on different clonal rootstocks at freezing in controlled conditions]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2014;39:240-243. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21519958>
20. Upadysheva G. Yu. *Produktivnost' slivy russkoy pri vyrashchivaniy na klonovykh podvoyakh v Podmoskov'e*. [Russian plum productivity when grown on clonal rootstocks in Moscow region]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* = Horticulture and viticulture. 2014;(2):33-37. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21503972>
21. Rezvyakova S. V. *Zimostoykost' sadovykh kul'tur razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya (Obzor)*. [Winter hardiness of horticultural crops of different ecological and geographical origin (review)]. *Biologiya v sel'skom khozyaystve* = Biology in agriculture. 2017;1(14):12-19. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28399342>

Сведения об авторах

Симонов Владимир Сергеевич, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела селекции и генетики садовых культур, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Загорьевская, д. 4, г. Москва, Российская Федерация, 115598, e-mail: vstisp@vstisp.org,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8223-0528>

✉ **Бурменко Юлия Владимировна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отдела селекции и генетики садовых культур, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», Загорьевская, д. 4, г. Москва, Российская Федерация, 115598, e-mail: vstisp@vstisp.org,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6172-9597>, e-mail: burmenko_j@mail.ru

Information about the authors

Vladimir S. Simonov, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Department of Breeding and Genetics of Horticultural Crops, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Zagorievskaya 4, Moscow, Russian Federation, 115598, e-mail: vstisp@vstisp.org, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8223-0528>

✉ **Yuliya V. Burmenko**, PhD in Biological Science, senior researcher, the Department of Breeding and Genetics of Horticultural Crops, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Zagorievskaya 4, Moscow, Russian Federation, 115598, e-mail: vstisp@vstisp.org, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6172-9597>, e-mail: burmenko_j@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author