

УДК 582.949.26:58.036.5:612.6.052.27

МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ВИДОВ И ГИБРИДОВ РОДА *LAVANDULA* L.

Юрий Сергеевич Хохлов, Оксана Михайловна Шевчук,
Вадим Валерьевич Корзин

Никитский ботанический сад–Национальный научный центр РАН,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, спуск Никитский, 52
E-mail: aomor@mail.ru

В статье представлены данные по изучению морозостойкости различных генотипов лаванды узколистной и ее гибридов. Морозостойкость оценивалась с помощью метода промораживания в контролируемых условиях по степени повреждения тканей побегов растений в диапазоне температур от -16°C до -25°C. Результаты показали, что при температуре -16°C повреждения у всех изучаемых видов и гибридов были минимальными, незначительные повреждения тканей коры и древесины проявлялись при температуре -18°C и -20°C. Установлено, что критической температурой, приводящей к вымерзанию надземной части растений, является -25°C. Выделен самый морозоустойчивый генотип лавандина, с незначительными повреждениями при критической температуре. Установлено, что источниками морозоустойчивости в целенаправленной селекции могут быть лавандин № 11 и сорт лаванды узколистной Прима.

Ключевые слова: формы лаванды узколистной и лавандина; морозоустойчивость; степень повреждения тканей.

Введение

Морозоустойчивость – это способность растений, находящихся в состоянии покоя, выдерживать отрицательные низкие температуры (Шайтан и др., 1983). Одними из важных хозяйственно-ценных признаков растений рода *Lavandula* L. являются морозоустойчивость и зимостойкость. Воздействие низких отрицательных температур негативно сказывается на развитии, на росте и обмене веществ, а также нарушает функциональное состояние рассматриваемых растений. Результаты наших исследований по морозоустойчивости лаванды могут быть использованы в селекции для получения толерантных к данному фактору генотипов.

Создание новых сортов лавандина (*Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel), устойчивых к неблагоприятным условиям внешней среды, в частности к низким отрицательным температурам, основывается на целенаправленном подборе родительских форм с последующим получением межвидовых гибридов F₁, характеризующихся гетерозисом по основным хозяйственным признакам. С целью создания лавандина с высокой морозоустойчивостью были экспериментально синтезированы тетраплоидные формы *L. angustifolia* и *L. latifolia* и выполнены скрещивания между ними. В результате была преодолена стерильность F₁ и выделены фертильные амфидиплоиды для дальнейшего использования при получении новых высокопродуктивных гибридов.

Виды рода *Lavandula* L. характеризуются различной степенью морозоустойчивости. Лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia* Mill.) выдерживает морозы до – 25°C; при более низкой температуре надземная часть растения подмерзает. Лаванда широколистная (*Lavandula latifolia* Medik) менее устойчива и выдерживает снижение температуры только до минус 11-15°C. Их межвидовые гибриды – лавандины (*Lavandula* × *intermedia*) по биологическим признакам занимают промежуточное положение между исходными видами; некоторые из них могут быть

близки или превосходить родительские виды по морозоустойчивости (Машанов и др., 1972).

Выращивание морозоустойчивых генотипов как в промышленных насаждениях, так и в декоративных целях обуславливается климатическими характеристиками зимнего периода всех районов Крыма. Средняя годовая температура воздуха здесь составляет около 10°C, или ниже. Согласно многолетним данным, среднегодовая температура полуострова Крым составляет +11,5°C. При вторжении холодного континентального воздуха температура иногда значительно понижается ниже нуля – вплоть до -15°C и -20°C. Абсолютный минимум обычно фиксируется в январе-феврале. Самый холодный месяц в году – январь, со средним температурным максимумом -6 °C и минимумом -1 °C. За период с 1991 по 2020 годы абсолютный минимум был зафиксирован 2 февраля 2012 года на метеопункте Нижнегорский, когда минимальная температура воздуха составила -35,9°C. В районе Ялты температура воздуха может опускаться до -15°C. 23 января 2006 года в Керчи был зафиксирован новый абсолютный минимум для января – -22,7°C, при средней суточной температуре -20,9°C. Предыдущий абсолютный минимум (-22,4°C) был отмечен в 1940 году. (Ергина и др., 1972).

Абсолютные минимумы температур предгорных и степных районов Крыма в некоторые годы достигают крайне низких значений (до – 30°C и ниже). Такие понижения температуры наносят лаванде узколистной значительные повреждения, а при сильном ветре и отсутствии снежного покрова нередко надземная часть кустов вымерзает до основания. Однако поскольку такие сильные понижения температуры происходят редко, а лаванда обладает способностью возобновлять надземную массу за счет прикорневой поросли, подобные негативные последствия ограничиваются лишь дополнительными расходами на срезку погибшей надземной массы и потерей урожая одного года. В последующие годы надземная часть растений и их урожайность восстанавливаются полностью (Машанов и др., 1972).

С 2016 г. в Никитском ботаническом саду проводятся комплексные исследования гибридов F1. Проведено морфо-биологическое описание, изучен компонентный состав эфирного масла, выделены два сорта (Рабат, Снежный Барс) и три перспективных генотипа (Бровка, Темп, Эффект) *Lavandula* x *intermedia* Emeric ex Loisel., отличающихся по хозяйственно ценным признакам, которые могут быть использованы в озеленении, эфиромасличной промышленности, в парфюмерии, медицине (Работягов и др., 2017). Изучен компонентный состав летучих веществ эфирных масел и водно-этанольных экстрактов двух перспективных образцов лавандина. Выделен генотип Темп, эфирное масло которого можно использовать для получения натурального линалоола (Палий и др., 2017). Впервые дано теоретическое обоснование подбора родительских пар для создания аллотриплоидных форм лавандина с улучшенным компонентным составом эфирного масла (Работягов и др., 2018). Определен химический состав эфирного масла, описаны основные хозяйственные признаки четырех гибридных форм. Выделен гибрид с высокой массовой долей эфирного масла в сырье (Хохлов, Палий, 2019). Проведено тестирование экспериментального препарата LAVAN-11 на растениях рода *Lavandula* L., позволяющий целенаправленно манипулировать экспрессией генов для регуляции биосинтеза вторичных растительных метаболитов, направленный против гена линалоолсинтазы (Oberemok et al., 2020). Проведены исследования оценки качества и количества ДНК, выделенной из *L. angustifolia* различными способами. Наилучшие результаты были продемонстрированы с наборами, использующими мембранную технологию на основе кремнезема (Pure Link и Gene JET). RAPD-PCR показала, что для этого анализа можно использовать все наборы (Bulavin et al., 2020), получены

результаты оценки активности фотосинтетического аппарата в листовых пластинках сортов *Lavandula angustifolia*, выполненной методом изменения кинетики индукции флуоресценции хлорофилла, а (Tsiupka et al., 2020). Изучен комплекс заболеваний и вредителей, которым подвержены межвидовые гибриды лаванды с разным числом геномов. Проведено сравнение поражаемости образцов лаванды и лавандинов, рекомендованы мероприятия по защите растений, необходимые для оздоровления данных видов рода *Lavandula* L. в условиях защищённого грунта (Балыкина и др., 2016).

В данной работе рассматриваются результаты оценки морозоустойчивости исходных и гибридных форм F1 в связи с перспективами их последующего использования в селекции и внедрения в производство.

Объекты и методы исследования

Исходные родительские формы, использованные в исследовании, были представлены следующими генотипами. Лаванда узколистная включала в себя три сорта: сорт Рекорд с массовой долей эфирного масла, составляющей 2,1% от сырой массы сырья или 5,8% от абсолютно сухой массы, сорт Прима с содержанием эфирного масла 1,8% от сырого сырья и 5,2% от сухой массы, а также сорт Синева, у которого содержание эфирного масла составило 1,86% на сырую массу и 5,8% на абсолютно сухую массу сырья. Амфидиплоиды, обозначенные номерами № 11 и № 48, были использованы как в качестве материнских, так и в качестве отцовских форм для гибридизации. У этих тетраплоидных форм массовая доля эфирного масла составляла 2,5% и 3,2% от сырой массы сырья или 6,7% и 9,8% от абсолютно сухой массы, соответственно. В рамках проведенного исследования между амфидиплоидами и тремя сортами лаванды узколистной были выполнены как прямые, так и обратные межвидовые скрещивания. Полученные аллотриплоидные гибриды и исходные родительские формы оценивались на морозоустойчивость.

Для создания аллотриплоидных гибридов F1 применялся метод искусственной гибридизации. Кастрацию, которая заключалась в удалении венчика вместе с приросшими к нему тычинками, проводили в день, предшествующий раскрытию цветка. Помимо этого, бутоны, а также уже раскрытые цветки, подлежали удалению для предотвращения нежелательного опыления. Цветонос с соцветием обматывали ватой для защиты, а сверху накрывали изолятором из пергаментной бумаги, создавая условия, исключающие случайное попадание чужой пыльцы. Опыление осуществлялось на второй или третий день, для которого использовалась пыльца созревших пыльников, собранных с отцовских растений (Работягов, Акимов, 1986; Шоферистова и др., 1977).

ЮБК находится в зоне сухого субтропического климата средиземноморского типа с преобладанием осенне-зимних осадков. Характеризуется умеренно жарким летом и мягкой зимой с частыми оттепелями. Средняя годовая температура составляет -12°C -15°C, абсолютный минимум зимой -13°C, абсолютный максимум летом +39°C. Количество осадков – 620-730 мм (Плугатарь и др., 2015).

Сбор образцов и промораживание побегов длиной 20 см проводили в зимний период с 2019 по 2024 гг. Ветви промораживали в климатической тестовой камере ТТС 256 Memmert, подвергались предварительному закаливанию: сначала при 0°C (10-12 часов), затем температуре снижали до -20°C (4 часа). Основной этап включал постепенное снижение температуры со скоростью 20°C в час до уровня экспериментального варианта, ее поддержание в течение 12 часов, а затем повышение температуры до 0°C со скоростью 20°C в час. После оттаивания при 0°C (12 часов), ветви доводили до комнатной температуры и помещали в воду. Учет повреждений

проводился через 2 суток после восстановления, методом микроскопического анализа поперечных срезов побегов. Варианты опыта: -16°C , -18°C , -20°C , -25°C .

Оценку повреждения тканей побегов проводили на поперечных срезах в середине побега с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ745/745T. Их интенсивность ранжировали по 6-балльной шкале: 0 баллов – повреждения отсутствуют, 5 баллов – ткани полностью погибли (Яблонский и др., 1984).

Учитывая морфо-физиологическую неоднородность тканей, отвечающих за жизнедеятельность растений, для определения общей оценки морозоустойчивости срезанных ветвей были использованы условные коэффициенты: для коры – 3, для камбия – 9, для древесины – 2, для сердцевины – 1. Величину индекса повреждения подсчитывали, по методике лабораторных и полевых методов определения морозоустойчивости плодовых культур (Бублик и др., 2013), то есть показатели микроскопической оценки интенсивности побурения тканей в баллах для всех составных частей умножались на соответствующий коэффициент для каждой ткани, после чего полученные данные суммировались для каждого образца. Максимальный индекс повреждения, приводящий к полной гибели растения, составляет 420. Этот показатель определяется на основе суммы индексов повреждения для каждой исследуемой структурной части растения равной 105 баллов (Денисов и др., 1961).

Результаты и обсуждение

Промерзание побегов проявляется в повреждении коры, камбия, древесины и сердцевины. Значительное понижение температуры может вызвать омертвление коры, затрагивая даже древесину, что влечет негативные последствия для общего состояния растения. Тонкий слой камбиальных клеток демонстрирует наивысшую устойчивость к низким отрицательным температурам. Камбий представляет собой слой недифференцированных клеток, способствующих непрерывному обновлению и росту тканей, и играет критическую роль в увеличении объема ствола и корней растений, а также способствует формированию коры, что обеспечивает защиту внутренних тканей от неблагоприятных внешних факторов и помогает адаптировать растение к окружающей среде. Растения, сохраняющие неповрежденный камбий, несмотря на сильное промерзание древесины, имеют потенциал для восстановления. Воздействие критически низких температур на камбиальные клетки зависит от степени промерзания и может привести к отслоению коры, замедлению ростовых процессов и отмиранию отдельных ветвей. Если камбий полностью погибает, восстановление тканей становится невозможным, что приводит к гибели растения (Прохоров, 1969).

В результате проведенного исследования в варианте опыта №1 (-16°C) повреждения, вызванные низкими температурами, у всех изучаемых генотипов были минимальны. Незначительно повреждались такие структурные части растения, как кора (0-1 балл), камбий (1 балл) и древесина (0,6-1 балл). Все растения, участвующие в исследовании, легко переносят морозы, являясь устойчивыми к отрицательной температуре в -16°C , без серьезных повреждений коры, камбия, древесины и сердцевины (табл. 1, табл. 2). Общая средняя оценка составила 2 балла, средняя оценка в индексах составила 11 баллов.

В варианте опыта №2 (температурный режим -18°C) исследуемые растения не проявили признаков сильного промерзания составных частей, приводящих к значительному повреждению. Повреждения коры были оценены на уровне от 1,3 до 1,6 баллов, для камбия – от 1 до 2 баллов, для древесины – от 1,6 до 2,5 баллов, сердцевины – от 1 до 1,8 баллов.

Таблица 1

Степень повреждения побегов видов и гибридов рода *Lavandula* L.

Table 1

The degree of damage to shoots of species and hybrids of the genus *Lavandula* L.

Форма Form	Вариант Variant	Степень поврежденности побегов, балл (среднее) Degree of shoot damage, score (average)									
		Кора Bark		Камбий Cambium		Древесина Wood		Сердцевина Core		Общая средняя Overall average	
		Балл Score	Индекс Index	Балл Score	Индекс Index	Балл Score	Индекс Index	Балл Score	Индекс Index	Балл Score	Индекс Index
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill. Прима	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1,5	4,5	1	9	1,6	3,3	1	1	5,1	17,8
	-20°C	1,9	5,8	2	18	2	3,9	1	1	6,9	28,9
	-25°C	4,3	12,8	4,3	38,3	4	8	3	3	15,5	62
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill. Рекорд	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1,6	4,7	1,7	15	1,8	3,7	1	1	6	24,5
	-20°C	3,3	9,8	3,5	31,5	2,4	4,8	1	1	10,1	47
	-25°C	4,5	13,5	5	45	5	10	3	3	17,5	71,5
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill. Синева	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1,3	3,8	1,8	16	1,3	2,5	1	1	5,3	23,3
	-20°C	2,3	6,8	2,9	25,9	3,5	7	1,1	1,1	9,8	40,7
	-25°C	4,5	13,5	5	45	5	10	3	3	17,5	71,5
<i>Lavandula</i> × <i>intermedia</i> Emeric ex Loisel №48	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1,6	4,9	2	18,6	2,1	4,2	1	1	6,8	27,6
	-20°C	2,8	8,2	2,5	22,5	2,1	4,3	1,5	1,5	8,9	36,5
	-25°C	5	15	5	45	5	10	3	3	17,3	71,5
<i>Lavandula</i> × <i>intermedia</i> Emeric ex Loisel №11	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1,5	4,5	1,5	13,5	2,5	1	1	1	6	24
	-20°C	3	9	2,9	25,9	3,3	6,5	1,8	1,8	10,9	43,2
	-25°C	4,5	13	4,5	40,5	4,5	9	2,8	2,8	16,3	65,8

В результате оценки состояния тканей на срезах в опыте с температурным режимом -20° С, выявлены существенные повреждения у сортов лаванды узколистной Рекорд, Синева, №11, №48 с общим балом от 8,9 до 10,9. Самым устойчивым был сорт лаванды Прима с общим баллом – 6,9.

Практически для всех растений родительских форм, отмечены значительные повреждения камбия, в варианте опыта №4 (-25°C), варьирование в баллах составило от 2 до 5. Наибольший бал (5) по шкале повреждений получили растения сортов Рекорд, Синева и тетраплоидная форма №48. Влияние отрицательной температуры на кору и древесину в данном варианте опыта, сопоставимо с оценкой повреждения камбия. У некоторых растений данных форм зафиксировано отслоение коры и сильное побурение тканей древесины. В меньшей степени была нарушена целостность сердцевины, в сравнении с другими составными частями, оценка для всех растений составила 3 балла.

Низкий индекс повреждения в данном опыте установлен для растений – сорт Прима (62) и тетраплоидная форма №11 (65,8), для всех остальных исходных форм он составил более 70 баллов (рис.1).

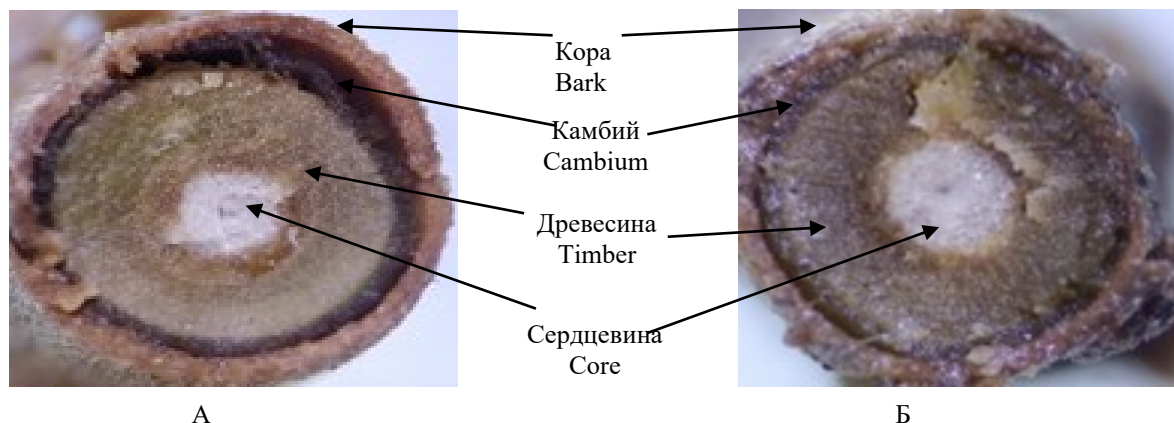


Рис. 1 Поперечный срез побега, А - *Lavandula angustifolia* Mill. Прима, Б - *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel №11, при t -25°C
Fig. 1 Cross-section of a shoot, А - *Lavandula angustifolia* Mill. Prima, Б - *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel №11, at t -25°C

В исследовании с температурным режимом -18 °С у гибридных форм F₁, наблюдались схожие повреждения составных частей тканей растений, как и у исходных форм. Устойчивыми в данном варианте опыта, с общей средней оценкой в баллах и индексах повреждения, выделены формы F₁ в комбинациях: F₁ 3/24 Прима♀ № 48♂ (3/14), F₁ 3/5 11♀ x Прима ♂ (3,9/19,8), F₁ 11/25 Синева ♀ x 11♂ (4,5/21). К среднеустойчивым можно отнести такие варианты скрещивания, как: F₁ 7/22 Синева ♀ x 48♂ (5/25,5), F₁ 18/39 Рекорд♀ x 48♂ (5,4/21,3), F₁ 8/23 48♀ x Синева♂ (6/24,5). К слабоустойчивым можно отнести следующие формы: F₁ 34/17 Прима♀ x 11♂ (7,5/34,3), F₁ 16/27 Рекорд♀ x 11♂ (8,8/38). К низко устойчивым относятся: F₁ 10/20 11♀ x Рекорд♂ (10,6/42,3), F₁ 15/24 11♀ x Синева♂ (12/46).

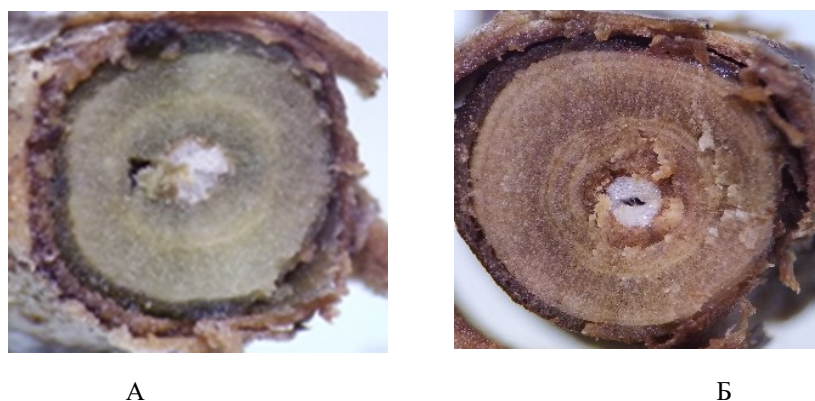


Рис. 2 Поперечный срез побега *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel F₁ 3/5 11♀ x Прима♂, (А) *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel F₁ 15/24 11♀ x Синева♂ (12/46) (Б) при t -25°C
Fig. 2 Cross-section of a shoot (А) *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel F₁ 3/5 11♀ x Прима♂ (Б) *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel F₁ 15/24 11♀ x Синева♂ (12/46) (Б) at t -25°C

В варианте опыта № 3 (при температуре -20 °С) часть растений проявила устойчивость к данному температурному режиму, с оценкой повреждений около 10 баллов. К этим устойчивым комбинациям относятся: F₁ 3/24 48♀ x Прима♂ (9,4), F₁ 8/23 48♀ x Синева (10), F₁ 34/17 Прима♀ x 11♂ (10,5). Меньший балл получила комбинация скрещивания F₁ 3/5 11♀ x Прима♂, составивший 8 баллов.

Таблица 2

Степень повреждения побегов гибридов F1 *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel

Table 2

The degree of damage to shoots of F1 hybrids *Lavandula* × *intermedia* Emeric ex Loisel

Форма Form <i>Lavandula</i> × <i>intermedia</i> Emeric ex Loisel	Вариант Variant	Средние оценка повреждений структурных частей растения, в баллах и индексах (4 повторности) Average assessment of damage of structural parts of the plant, in points and indices (4 replicates)									
		Кора Bark		Камбий Cambium		Древесина Wood		Сердцевина Core		Общая средняя Overall average	
		Балл Score	Индекс Index	Балл Score	Индекс Index	Балл Score	Балл Score	Индекс Index	Балл Score	Индекс Index	Балл Score
F ₁ 22/3 Прима♀ x 48♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1	3	1	9	1	2	0	0	3	14
	-20°C	3,5	10,5	3	27	2,8	5,5	2	2	11,3	45
	-25°C	5	15	5	45	5	10	3	3	18	70,8
F ₁ 3/24 48♀ x Прима♂	-16°C	0,5	1,5	1,6	14,4	1,2	2,4	0	0	2,5	13,9
	-18°C	0,8	2,4	1,2	10,8	1	2	0	0	3	15,2
	-20°C	2,5	7,6	2,2	19,4	2,8	5,5	2	2	9,4	34,4
	-25°C	5	15	5	45	5	10	3	3	18	70,8
F ₁ 18/39 Рекорд♀ x 48♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	2	6	1,2	11	2,1	4,3	0	0	5,4	21,3
	-20°C	4	11,9	3	27,7	3	6	2,2	2,2	12,2	47,7
	-25°C	4,9	14,6	4,6	41,6	4,8	9,5	3,3	3,3	17,5	66,5
F ₁ 13/34 48♀ x Рекорд♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	2	6	2,9	25,9	2,2	4,4	1,8	1,8	8,8	38
	-20°C	3,9	11,6	4	36	3,6	7,3	3,3	3,	14,8	58,1
	-25°C	4,9	14,6	4,9	43,9	4,8	9,5	3,5	3,5	17	71,5
F ₁ 8/23 48♀ x Синева ♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	2	6	1,5	13,5	2,5	5	0	0	6	24,5
	-20°C	3,5	10,5	3,5	31,5	3	6	2	2	10	50
	-25°C	5	15	5	45	5	10	3	3	18	70,8
F ₁ 7/22 Синева ♀ x 48♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1,5	4,5	2	18	1,5	3	0	0	5	25,5
	-20°C	3,5	10,5	3	27	3	6	2	2	11,5	45,5
	-25°C	4,9	14,6	4,9	43,9	4,8	9,5	3,5	3,5	17	71,5
F ₁ 34/17 Прима♀ x 11♂	-16°C	1,5	4,5	1,6	14,4	1,2	2,4	0	0	4,3	21,4
	-18°C	1,8	5,4	2,7	23,9	2	4	1	1	7,5	34,3
	-20°C	2,8	8,4	3,1	27,9	2,6	5,1	2	2	10,5	43,3
	-25°C	5	15	5	45	5	10	3	3	18	70,8
F ₁ 3/5 11♀ x Прима ♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1,2	3,6	1,6	14	1,1	2,2	0	0	3,9	19,8
	-20°C	2,4	7,1	2,2	19,6	2,1	4,2	1,3	1,3	8	32
	-25°C	3	9	3	26,6	3,9	7,9	3,1	3,1	13	44
F ₁ 16/27 Рекорд♀ x 11♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	2	6	2,9	25,9	2,2	4,4	1,8	1,8	8,8	38
	-20°C	3,9	11,6	4	36	3,6	7,3	3,3	3,3	17,8	58,2
	-25°C	4,8	14,6	4,9	43,9	4,8	9,5	3,1	3,1	17,6	71,1

Продолжение таблицы

F ₁ 10/20 11♀ x Рекорд♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	2,8	87,3	2,9	25,9	3,1	6,3	1,9	1,9	10,6	42,3
	-20°C	4,8	14,3	4	36	3,9	7,8	2,5	2,5	15,1	60,5
	-25°C	5	15	5	45	4,8	9,5	3	3	17,8	72,5
F ₁ 11/25 Синева ♀ x 11♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	1,5	4,5	1,5	13,5	1,5	3	0	0	4,5	21
	-20°C	4	12	4	36	2,5	5	1,5	1,5	12	54,5
	-25°C	5	15	5	45	5	101	3	3	18	73
F ₁ 15/24 11♀ x Синева ♂	-16°C	0	0	1	9	1	2	0	0	2	11
	-18°C	3	9	3	27	4	8	2	2	12	46
	-20°C	5	15	5	45	5	10	3	3	18	73
	-25°C	5	15	5	45	5	10	3	3	18	73

Скрещивание исходных родительских форм не дало гибридов F₁ с высокой устойчивостью к температурному режиму -25 °С. У всех исследуемых растений средний индекс повреждения был равен или выше 70 баллов, и лишь у гибридов в комбинации скрещивания № 11♀ x № Прима♂ общий индекс составил 44 (см. рис. 2).

Выводы

Результаты исследования подчеркивают значимость выбора исходных форм для селекции морозостойких гибридов лавандина. Изученные растения демонстрируют различную степень устойчивости к отрицательным температурам, с минимальными повреждениями при температуре -16 °С. Температура -18 °С также не приводит к значительному нарушению целостности побегов растения. При температуре -20 °С сильно повреждаются кора, камбий и древесина, меньше всего сердцевина. Существенные повреждения наблюдали у большинства видов и гибридов при температуре -25 °С, этот температурный режим является критическим. По морозоустойчивости были выделены исходные формы – тетраплоидная форма № 11 и сорт лаванды узколистной Прима, которые рекомендуются к использованию как источники данного признака в целенаправленной селекции.

Литература / References

Балыкина Е.Б., Работягов В.Д., Хохлов Ю.С. Фитосанитарная оценка состояния лавандина в условиях закрытого грунта. Бюллетень государственного Никитского ботанического сада. 2016. Вып. №118. С. 74-80 с.

[Balykina E.B., Rabotyagov V.D., Khokhlov Yu.S. Phytosanitary assessment of lavandin condition in closed ground conditions // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2016. No. 118. P. 74-80 p.]

Бублик М.О., Патика Е.И., Китаев О.И. Лабораторные и полевые методы определения морозоустойчивости плодовых культур. Киев, 2013. 26 с.

[Bublik M.O., Patika E.I., Kitaev O.I. Laboratory and field methods for determining frost resistance of fruit crops. Kiev, 2013. 26 p.]

Денисов В.Ф. Методика лабораторного промораживания корней и побегов плодовых культур // Бюллетень ЦГЛ им. И.В. Мичурина. 1961 Вып. 11–12. С. 79–81.

[Denisov V.F. Methodology of laboratory freezing of roots and shoots of fruit crops // Bulletin of the Central Garden Laboratory named after I.V. Michurin. 1961 Issue. 11–12. P. 79–81.]

Денисов В.Ф. Методика лабораторного промораживания корней и побегов плодовых культур // Бюллетень ЦГЛ им. И.В. Мичурина. 1961. Вып. 11–12. С. 79–81.

[Denisov V.F. Methodology of laboratory freezing of roots and shoots of fruit crops // Bulletin of the Central Garden Laboratory named after I.V. Michurin. 1961. Issue 11-12. P. 79–81.]

Ергина Е.И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове. Симферополь: Изд-во АРИАЛ, 2017. 224 с.

[Ergina E.I. Spatio-temporal patterns of modern soil formation processes on the Crimean Peninsula. Simferopol: ARIAL Publishing House, 2017. 224 p.]

Ергина Е.И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове. Симферополь: Изд-во АРИАЛ, 2017. 224 с.

[Ergina E. I. Spatio-temporal patterns of modern soil formation processes on the Crimean Peninsula. Simferopol: ARIAL Publishing House, 2017. 224 p.]

Машанов В.И., Кальченко А.К., Лещук Т.Я. Биологические основы возделывания лаванды. Симферополь: «Таврия», 1972. С. 42

[Mashanov V.I., Kalchenko A.K., Leshchuk T.Ya. Biological bases of lavender cultivation. Simferopol: «Tavria», 1972. P. 42]

Палий А.Е., Работягов В.Д., Хохлов Ю.С. Летучие соединения этанольных экстрактов представителей рода *Lavandula* L. // Труды кубанского аграрного университета. 2017. № 67. С. 195–199.

[Paliy A.E., Rabotyagov V.D., Khokhlov Yu.S. Volatile compounds of ethanol extracts of representatives of the genus *Lavandula* L. // Proceedings of the Kuban Agrarian University. 2017. No. 67. 195–199 p.]

Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ильницкий О.А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. 164 с.

[Plugatar Yu.V., Korsakova S.P., Ilnitsky O.A. Environmental monitoring of the Southern coast of Crimea. Simferopol: IT “ARIAL”, 2015. 164 p.]

Прохоров А.М. Большая советская энциклопедия: Т. 30 / гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М: Большая Советская энциклопедия, 1978 г. С.325

[Prokhorov A.M. The Great Soviet Encyclopedia: V. 30 / chap. ed. A. M. Prokhorov. third ed. M.: Sovetskaya entsiklopediya, 1978. P. 325]

Работягов В.Д., Палий А.Е., Хохлов Ю.С. Межвидовая гибридизация в селекции (*Lavandula* x *intermedia* Emeric ex Loisel.) на качество эфирного масла, Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. №3. 547-556 с.

[Rabotyagov V.D., Paliy A.E., Khokhlov Yu.S. Interspecific hybridization in breeding (*Lavandula* x *intermedia* Emeric ex Loisel.) for the quality of essential oil // Agricultural Biology. 2018. Vol. 53. No. 3. 547-556 p.]

Работягов В.Д., Акимов Ю.А. Наследование содержания и состава эфирного масла при межвидовой гибридизации лаванды // Генетика. 1986. Т. 22. № 7. С. 1163

[Rabotyagov V.D., Akimov Yu.A. Inheritance of the content and composition of essential oil in interspecific hybridization of lavender // Genetics. 1986. Vol. 22. No. 7. P. 1163]

Работягов В.Д., Хохлов Ю.С., Палий А.Е. Морфобиологическая характеристика перспективных форм лавандина (*L. x intermedia* Emeric ex Loisel.) // Бюллетень ГНБС. 2017. Вып. 123. С. 83-89.

[Rabotyagov V.D., Khokhlov Yu.S., Paliy A.E. Morphobiological characteristics of promising forms of lavandin (*L. x intermedia* Emeric ex Loisel.) // Bulletin of the State Scientific-Biological Society. 2017. Issue 123. 83-89 p.]

Хохлов Ю.С., Палий А.Е. Сравнительная характеристика основных хозяйственных признаков межвидовых гибридов рода *Lavandula* L. // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2019. №2 (151). 76-85 с.

[Khokhlov Yu.S., Paliy A.E. Comparative characteristics of the main economic traits of interspecific hybrids of the genus *Lavandula* L. // Plant biology and horticulture: theory, innovation. 2019. No. 2 (151). 76-85 p.]

Шайтан И.М. Основные понятия интродукции растений. Интродукция и селекция южных и плодовых растений: сб. научных работ. Киев: Наук. думка, 1983. С. 7-14).

[Shaitan I.M. Basic concepts of plant introduction. Introduction and selection of southern and fruit plants: collection of scientific works. Kiev: Nauk. Dumka, 1983. P. 7-14).]

Шоферистова Е.Г., Работягов В.Д., Машанов В.И. Органогенез и биология цветения лаванды и лавандина // Ботан. журн. 1977. Т. 62. С. 1479.

[V.D Shoferistova E.G., Rabotyagov., Mashanov V.I. Organogenesis and flowering biology of lavender and lavandin // Botan. journal. 1977. Vol. 62. - P. 1479.]

Яблонский Е.А., Елманова Т.С., Кучерова Т.П. Методические рекомендации, по оценке зимостойкости косточковых и орехоплодных культур. Ялта: ГНБС, 1984. 26 с. [Yablonsky E.A., Elmanova T.S., Kucheroва T.P. Methodological recommendations for assessing the winter hardiness of stone fruit and nut crops. Yalta: SNBG, 1984. 26 p.]

Bulavin I.V., Brailko V.A., Grebennikova O.A., Mitrofanova I.V., Zhdanova I.L., Khokhlov Yu.S. The quality of the dna isolated from *Lavandula angustifolia* leaves // Acta horticulturae. 2020. No. 1298. 563-568 p.

Oberemok V.V., Laikova E.V., Useinov R.Z., Galchinsky N.V., Yurchenko R.A., Khokhlov Yu.S., Novikova I.A. Successful management of secondary metabolite biosynthesis of essential oil plants using unmodified antisense oligonucleotides in a *Lavandula angustifolia* Mill. Model // In vitro cellular and developmental biology – animal. 2020. Т. 56. №S1. S 61-62.

Tsiupka S., Tsiupka V., Zhdanova I., Plugatar Y.V., Khokhlov Y. Evaluation of the photosynthetic apparatus functioning in *Lavandula angustifolia* Mill. at different stages of post aseptic adaptation // Acta horticulturae. 2020. Т. 1334. 297-304 p.

Статья поступила в редакцию 17.02.2025 г.

Khokhlov Yu.S., Shevshuk O.M., Korzin V.V. Some features of growth and development of introduced tulip cultivars in the conditions of the Southern Coast of Crimea // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2025. № 1 (174). P. 64-73

The article presents data of frost resistance in various genotypes of narrow-leaved lavender and its hybrids. Frost resistance was evaluated with freezing method under controlled conditions by the level the degree of damage of plant shoot tissues in temperature range from -16°C to -25°C. The results showed that at a temperature of -16°C, damage to all studied species and hybrids was minimal. Minor damage of bark and wood tissues was observed at -18°C and -20°C. It was determined that the critical temperature leading to the freezing of the above-ground parts of the plants is -25°C. The most frost-resistant genotype of lavandin was identified, showing only minor damage at the critical temperature. It was also established that lavandin No. 11 and the Prima cultivar of narrow-leaved lavender can serve as sources of frost resistance in targeted breeding programs.

Key words: narrow-leaved lavender and lavandin; frost resistance; degree of tissue damage