

УДК 634.1:581:551

ПОВРЕЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР ВОЗВРАТНЫМИ ЗАМОРОЗКАМИ В АГРОПРЕДПРИЯТИЯХ КРЫМА

Александр Иванович Сотник, Зера Ильмиевна Арифова,
Эдем Фахриевич Челебиев, Ольга Александровна Денисова,
Елена Алексеевна Чакалова, Дилявер Рашидович Усейнов

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, Республика Крым, Симферопольский район, с. Маленькое
E-mail: Dilik.um@bk.ru

Крымский полуостров характеризуется континентальным климатом с жарким летом и сравнительно теплыми зимами. В отдельные годы возможны значительные колебания температурного режима, что повышает риск возникновения заморозков, особенно в весенний период. В статье представлен комплексный анализ возвратных заморозков, рассмотрены физико-географические причины и погодные условия их возникновения и последствия для плодовых культур в связи с климатическими особенностями региона. Особое внимание уделено воздействию низких температур на фенологические фазы развития плодовых культур. Проведены исследования влияния форм кроны черешни на степень повреждения отрицательными температурами при искусственном промораживании плодовых образований. Выделена плакучая форма кроны, как наиболее эффективна для сохранения генеративных органов растения. Представлены результаты исследования степени и характера повреждения плодовых культур заморозками в агропредприятиях Крыма. Проведена классификация существующих методов активной и пассивной защиты растений от заморозков. К активным методам отнесены: дымление, искусственное создание туманов, дождевание, аэрация приземного слоя воздуха, применение термоактивных экранов. Пассивные методы включают: агротехнические приемы (подбор морозоустойчивых сортов, оптимизация сроков посадки, выбор места под сад с учетом микрорельефа), а также мелиоративные работы (создание лесозащитных полос, планировка территории для оттока холодного воздуха). Приведены рекомендации по минимизации ущерба от заморозков и повышению устойчивости агропроизводства к климатическим рискам. Сделан вывод о том, что в условиях изменения климата, с повышением частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений в последнее время, разработка и внедрение комплексных систем защиты от возвратных заморозков становятся критически важными элементами обеспечения продовольственной безопасности государства. Целью данной работы является исследование физических механизмов возвратных заморозков и анализ их негативного воздействия на генеративные органы плодовых культур в агропромышленном комплексе Крыма, обзор современных методов минимизации связанных с ними ущербов.

Ключевые слова: возвратные заморозки; плодовые культуры; черешня; агроклиматические риски; повреждение растений; фенофаза; защита растений; радиационное выхолаживание; адvection холода

Введение

Крым, благодаря своему климату и почвенным условиям, является важным регионом для выращивания плодовых культур, таких как яблоня, груша, персик, черешня и другие. Однако, частые климатические аномалии, включая заморозки, приводят к повреждению генеративных органов растений и негативно сказываются на урожайности и качестве плодов [2, 5].

Возвратные заморозки могут косвенно влиять на рост и развитие растений, а также вызывать их полный ущерб. Степень повреждения плодовых культур этим явлением варьирует в широких пределах и определяется комплексом показателей. К ним относятся неблагоприятные метеорологические условия, биологические особенности сорта и подвоя, возраст и физиологическое состояние дерева, рельеф участка, уровень залегания грунтовых вод, плодородие почвы, размер урожая в предыдущем году и сроки сбора плодов [3, 4]. Повреждающее действие низких температур зависит от совокупности факторов: вида и сорта растения (генетически

детерминированная устойчивость к холоду); фенологической фазы (наиболее уязвимы фазы цветения и образования завязей) [7, 17]. При -2°C повреждаются цветки, а при -4°C гибнет завязь [26]. На повышение устойчивости к возвратным заморозкам влияет агротехническое состояние насаждений. Повышение выносливости плодовых растений к неблагоприятным условиям возможно лишь при условии глубокого и всестороннего изучения биологических особенностей культуры, сорта, а также специфики климатических условий конкретного участка возделывания [6, 8, 22].

В связи с изменениями климата, особенно ощутимыми в последнее время в Крыму, актуальность приобретает вопрос о рациональном размещении садов по зонам, характеризующимся разнообразием условий для выращивания плодовых культур. Границы таких зон в большинстве случаев уже установлены. Ранее исследования с учетом размещения плодовых культур и приоритетов их выращивания в соответствии с почвенно-климатическими зонами проводили в Никитском ботаническом саду [13, 18].

По данным метеорологического мониторинга, осуществляемого метеостанциями в с. Маленькое и Новый сад в течение многих лет поздние заморозки в предгорном и степном районах Крыма, наблюдали в 1990-е годы. В частности, первого мая 1997 г. в Белогорском районе температура опустилась до -4°C . Наиболее поздние интенсивные заморозки были зарегистрированы 8 мая 1999 г., когда термометр показал $-3,8^{\circ}\text{C}$. В 2024 г. температура на поверхности почвы в Нижнегорском, Красногвардейском, Бахчисарайском, Белогорском, Ленинском и Джанкойском районах опускалась до -4°C [19-21, 24].

Возвратные заморозки представляют собой понижение температуры приземного слоя воздуха ниже 0°C в вегетационный период, после установления устойчивой положительной температуры. Они считаются наиболее опасными, способными нанести катастрофический ущерб сельскому хозяйству, приводя к гибели или значительному повреждению генеративных органов и вегетативных частей теплолюбивых и раноцветущих культур [9, 12].

Скорость и продолжительность понижения температуры оказывают существенное влияние на степень ее негативного воздействия. Резкое падение температуры несет в себе больший риск для живых организмов, чем постепенное охлаждение. Кроме того, уровень влажности воздуха и почвы играет важную роль в смягчении последствий заморозков. Влажный воздух и хорошо увлажненная почва способствуют уменьшению негативного воздействия низких температур. Механизм повреждения заключается в том, что при замерзании межклеточной жидкости происходит отток воды из клеток к кристаллам льда. Бутоны растений способны выдерживать температуры ниже точки замерзания воды, находясь в состоянии переохлаждения. Однако, при достижении критической температуры происходит повреждение бутонов [29, 30].

Существующие методы защиты растений от возвратных заморозков можно разделить на две группы: пассивные (предупредительные) и активные (с непосредственной борьбой). К пассивным методам относятся агротехнические: подбор и районирование поздноцветущих и морозоустойчивых сортов; оптимизация сроков посадки; внесение калийно-фосфорных удобрений, повышающих морозостойкость; поддержание высокого агрофона и мелиоративные: правильный выбор участка под многолетние насаждения; создание ветрозащитных лесных полос, которые препятствуют застою холодного воздуха; планировка территории для обеспечения его естественного оттока [11, 23, 28]. К активным методам относится дымление (создание дымовой завесы над защищаемой территорией для уменьшения радиационного выхолаживания). Следовательно, в условиях изменения климата, с повышением в последнее время частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений,

разработка и внедрение комплексных систем защиты от возвратных заморозков становятся особенно важными элементами обеспечения продовольственной безопасности государства.

Целью данной работы является исследование физических механизмов возвратных заморозков и анализ их негативного воздействия на генеративные органы плодовых культур в агропромышленном комплексе Крыма, обзор современных методов минимизации связанных с ними ущербов.

Условия и методы исследования

Исследования проводили в хозяйствах различных форм собственности 10 административных районов Республики Крым (Бахчисарайский, Белогорский, Джанкойский, Кировский, Красногвардейский, Нижнегорский, Первомайский, Сакский, Черноморский) и двух городских округов (Севастопольский и Судакский). Для анализа использованы данные метеопоста ФГБУН «НБС-ННЦ» РАН (Симферопольский р-н, с. Маленькое), а также метеопосты, используемые в хозяйствах, непосредственно в районах, где отмечены заморозки.

Зимний период 2024-2025 гг. проходил с колебанием температурного режима. Декабрь характеризовался прохладной, неустойчивой погодой. Среднесуточная температура воздуха изменялась от $+1,0^{\circ}\text{C}$... $+3,0^{\circ}\text{C}$ до $+5,5^{\circ}\text{C}$... $+11,9^{\circ}\text{C}$. В дневные часы в конце декады температура воздуха повышалась до $+6,1^{\circ}\text{C}$... $+15,6^{\circ}\text{C}$. При похолоданиях вочные часы минимальная температура воздуха понижалась до $1,1^{\circ}\text{C}$... $-0,6^{\circ}\text{C}$. Минимальную температуру на поверхности почвы наблюдали в пределах $0,1^{\circ}\text{C}$... $-2,3^{\circ}\text{C}$. Среднесуточная температура воздуха была на $4,0^{\circ}\text{C}$... $6,0^{\circ}\text{C}$ выше средних многолетних показателей. Максимальные температуры воздуха повышались до $+9,5^{\circ}\text{C}$... $+15,7^{\circ}\text{C}$. При похолоданиях вочные часы минимальная температура воздуха понижалась до $-1,3^{\circ}\text{C}$... $-9,2^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура на поверхности почвы составляла $-3,5^{\circ}\text{C}$... $-11,3^{\circ}\text{C}$.

Январь был очень теплым с кратковременным похолоданием в середине первой декады. Максимальные температуры воздуха в этот период достигали $+11,4^{\circ}\text{C}$... $+17,2^{\circ}\text{C}$, минимальные – $-1,2^{\circ}\text{C}$... $-4,3^{\circ}\text{C}$. Кратковременное похолодание отмечали в середине второй декады. Минимальная температура понижалась до $-2,4^{\circ}\text{C}$... $-5,8^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура почвы понижалась до $-1,9^{\circ}\text{C}$... $-8,3^{\circ}\text{C}$. Завершающая декада января была по весеннему теплой (на $5,5^{\circ}\text{C}$ выше климатической нормы). Максимальные температуры воздуха в наиболее теплые дни удерживались в пределах $+11,4^{\circ}\text{C}$... $+17,2^{\circ}\text{C}$.

Февраль из-за арктических воздушных масс, поступавших на полуостров, был холодным. Среднемесячная температура воздуха составила $-2,3^{\circ}\text{C}$, на $2,1^{\circ}\text{C}$ ниже средних многолетних показателей. Такой холодный февраль наблюдали в 2012 г., среднемесячная температура воздуха составила $-4,4^{\circ}\text{C}$. В наиболее морозные дни второй декады месяца минимальная температура воздуха понижалась до $6,1^{\circ}\text{C}$... $12,8^{\circ}\text{C}$; на поверхности почвы – до $8,5^{\circ}\text{C}$... $14,9^{\circ}\text{C}$. Осадков выпало 20,8 мм, на 36,4% ниже нормы.

Начало марта отличалось температурой воздуха ниже средних многолетних данных на $2,2^{\circ}\text{C}$. Минимальные температуры воздуха составили $3,3^{\circ}\text{C}$... $7,4^{\circ}\text{C}$; почвы – $4,0^{\circ}\text{C}$... $9,6^{\circ}\text{C}$. Почва промерзала на глубину 6-14 см. С середины марта установилась по-весеннему теплая солнечная погода, температура воздуха превысила средние многолетние показатели на $2-7^{\circ}\text{C}$. В наиболее теплые дни максимальные температуры воздуха составили $15,0^{\circ}\text{C}$... $20,1^{\circ}\text{C}$. У плодовых культур активизировались биологические процессы. Абсолютные максимумы температур воздуха превысили

средние многолетние данные 11 марта на 1,4°C и составили +20,5°C; 12 марта на 0,1°C (+19,5°C); 13 марта на 4,5°C (+25,0°C).

В апреле наблюдали неустойчивый характер погоды. Среднемесячная температура воздуха составила 7,9°C, ниже многолетних показателей на 1,4°C. Среднесуточные температуры воздуха были в первой декаде апреля на 0,6°C ниже средних многолетних данных, во второй декаде на 0,3°C ниже многолетних показателей, в третьей декаде на 1,1°C выше. Максимальные температуры воздуха колебались от +18,0°C ...+23,8°C.

Для анализа степени повреждения генеративных органов от весенних заморозков исследования выполняли по методике отбора образцов семечковых и косточковых культур [21]. К используемым объектам предъявляли следующие требования: количество цветков или бутонов на срезанных ветках каждого сорта должно быть не менее 300 штук; ветви с генеративными органами для исследования необходимо отбирать в разных частях сада (начале, середине и в конце ряда, с верхней, средней и нижней частей дерева); к каждому образцу должна быть прикреплена этикетка с указанием названия сорта и местонахождения (бригада или участок сада), площади участка [14, 15, 16, 27].

Результаты и обсуждение

Степень повреждения цветков и завязей зависит, прежде всего, от силы и продолжительности заморозков, фазы развития растений, местоположения сада, генетической специфичности сорта, культуры. Анализ метеорологических показателей за 1926-2025 гг. показал, что в Крыму снижение температуры воздуха до критических значений во время цветения плодовых культур наблюдали с различной периодичностью в течение 59 лет. Чаще всего заморозки отмечали во второй-третьей декадах апреля, иногда в начале мая. Самые поздние весенние заморозки зафиксированы в мае 1999 г. Следует также отметить, что в последние годы существует тенденция к учащению весенних заморозков. Так, по сравнению с предыдущим 54-летним периодом (1926-1980 гг.), с 1981 по 2025 гг. понижение температуры воздуха во время цветения возросло на 30%.

Таблица 1
Критические температуры (°C) воздуха, повреждающие плодовые культуры в период цветения и завязывания плодов

Культура	Критические температуры, °C		
	Фаза розового бутона	Массовое цветение	Завязывание плодов
Яблоня	2,8...-3,9	1,7...-2,2	1,0...-2,2
Груша	1,7...-3,9	1,7...-2,2	1,1...-1,7
Персик	1,7...-6,6	1,1...-3,9	1,0...-2,8
Черешня	1,7...-5,5	1,1...-2,2	0,6...-2,2
Вишня	1,7...-5,6	1,1...-2,8	0,6...-2,2
Слива	1,1...-5,6	0,6...-2,2	0,6...-2,2
Миндаль	3,0...-3,3	2,5...-2,8	1,0...-1,1
Абрикос	1,1...-5,6	0,6...-2,8	0,7...-2,2

Цветение и образование завязи плодовых культур проходило в неблагоприятных условиях. 7-10 апреля ночью и утром в воздухе и на поверхности почвы отмечали заморозки -1°C ...-3,5°C. Также понижение температуры воздуха до -1,0°C ...-3,0°C 29-30 апреля привели к повреждению генеративных органов плодовых культур.

Согласно литературных данных, критическими для бутонах семечковых и косточковых культур считается температура $-1,1^{\circ}\text{C} \dots -6,6^{\circ}\text{C}$, раскрывшихся цветков $-0,5^{\circ}\text{C} \dots -3,85^{\circ}\text{C}$, завязавшихся плодов $-0,5^{\circ}\text{C} \dots -2,75^{\circ}\text{C}$ [1]. Таким образом, наиболее уязвимой к низким температурам является завязь (табл. 1).

Погодные условия текущего года в весенний период характеризуются значительной контрастностью. Насаждения плодово-ягодных культур испытывали многократное воздействие возвратных заморозков. Было зафиксировано их три волны: первая – с 17 марта по 19 марта, температура понижалась до -6°C ., вторая волна – с 7 по 15 апреля и третья волна с 27 по 30 апреля – понижение температуры отмечали от -3°C до -7°C .

Цветки большинства плодовых культур повреждались при понижении температуры до $-2,2^{\circ}\text{C}$, а завязавшиеся плоды – при $-1,1^{\circ}\text{C}$. Наиболее чувствительны к заморозкам оказались пестики и семяпочки (рис. 1,2). Критические температуры для разных плодовых культур при весенних заморозках колебались в значительных пределах и в большой мере зависели от фазы развития растений.

Таблица 2
Гибель цветковых почек после искусственного промораживания у сортов черешни с различными формами крон 2019-2021 гг.

Вариант	Гибель почек при температуре – 23°C (январь)				Гибель почек при температуре – 10°C (март)			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
Крупноплодная								
Свободнорастущее веретено (к)	74,6	73,2	75,9	$74,6 \pm 1,3$	59,3	61,3	71,2	$63,9 \pm 7,3$
Уплощенное веретено	68,3	64,2	66,4	$66,3 \pm 2,0$	53,3	58,3	54,3	$55,3 \pm 3,0$
Плакучая форма	70,1	64,3	63,2	$65,9 \pm 4,2^*$	46,3	51,4	49,8	$49,2 \pm 2,2^*$
НСР₀₅				9,0				9,8
Любава								
Свободнорастущее веретено (к)	87,7	92,0	91,6	$90,4 \pm 1,6$	79,6	81,3	84,9	$81,8 \pm 3,0$
Уплощенное веретено	85,6	89,6	92,1	$89,1 \pm 3,0$	84,5	78,3	80,2	$81,0 \pm 3,5$
Плакучая форма	89,6	92,5	80,3	$87,5 \pm 5,0^*$	71,6	74,1	80,2	$75,3 \pm 4,9^*$
НСР₀₅				2,8				1,7
Аннушка								
Свободнорастущее веретено (к)	92,4	94,5	89,3	$92,1 \pm 2,4$	64,8	62,4	75,8	$67,7 \pm 8,1$
Уплощенное веретено	84,6	96,7	88,4	$89,9 \pm 6,8$	59,3	68,3	64,3	$56,3 \pm 3,4^*$
Плакучая форма	91,3	97,6	95,4	$94,8 \pm 2,8$	53,2	55,9	59,7	$57,0 \pm 4,3$
НСР₀₅				4,7				1,8

Отрицательные температуры в зимне-весенний период способны нанести значительный ущерб плодовым культурам. Степень негативного влияния на растения зависит от многих факторов, в том числе особенностей сорта, этапа прохождения органогенеза, уровня применяемой агротехники, обеспеченности органическими и минеральными удобрениями, нормировки урожая и т.д. Многочисленные исследования вопросов устойчивости косточковых культур к стресс-факторам зимне-весеннего периода, ставят задачу разработки агротехнических мероприятий, повышающих устойчивость организма к этому стрессору, а также необходимо решить проблему диагностики степени повреждения генеративных органов растений [10, 12, 24].

Для реализации поставленной задачи, изучали степень подмерзания генеративных почек черешни в зависимости от типа применяемой формировки в лабораторных условиях. Побеги с плодовыми почками промораживали в два этапа: середина-конец января и ранней весной (март). Генеративные почки черешни в этот период находились на стадии формирования спорогенной ткани. В зимний период, когда растения находятся в органическом покое, биохимические компоненты, такие как сахара, аминокислоты и белки – способствуют морозостойкости почек. В течение этого времени оводненность почек низкая. С повышением температуры весной содержание воды в почках увеличивается и начинается их набухание. В этот период морозостойкость почек непрерывно снижается (табл. 2).

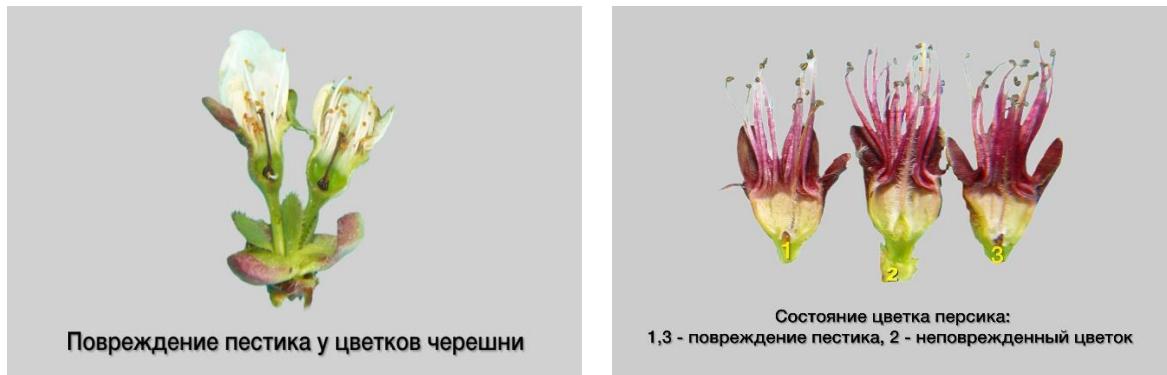


Рис. 1 Повреждение органов цветка во вторую волну заморозков



Рис. 2 Повреждение завязи яблони в третью волну заморозков

В результате промораживания побегов черешни с цветковыми почками определено, что для сорта Крупноплодная за период наблюдения применение плакучей формы кроны позволило сохранить живыми наибольшее их количество. Выявлено погибших у этого сорта – ($65,9 \pm 4,2\%$ в январе и $49,2 \pm 2,2\%$ в марте). Аналогичные результаты получены и с применением сорта Любава с плакучей формой кроны ($87,5 \pm 5,0$ и $75,3 \pm 4,9\%$). Для сорта Аннушка наиболее эффективной оказалась уплощённая форма кроны, при которой в январе погибло $89,9 \pm 6,8\%$, в марте – $56,3 \pm 3,4\%$ цветковых почек. Причем, у сорта Аннушка отмечена слабая гибель цветковых почек после промораживания их в марте в варианте с использованием плакучей формы кроны. Следовательно, в регионах с суровыми зимними условиями и высокой частотой весенних заморозков для снижения гибели цветковых почек черешни у сортов Крупноплодная и Любава наиболее эффективной является плакучая форма кроны, для сорта Аннушка – уплощенная форма кроны.

Важнейшей характеристикой адаптации сортов плодовых растений является способность их репродуктивных органов противостоять воздействию пониженных температур в фазе цветения [12].

Анализ данных предыдущих лет свидетельствует о наибольшей подверженности персика воздействию низких температур в Нижнегорском, Красногвардейском, Белогорском, Первомайском, Джанкойском и Кировском районах [10]. В отличие от персика, абрикос обладает коротким периодом покоя, что делает его менее уязвимым к подмерзанию в микрозонах Сакского и Первомайского районов, а также вблизи Евпатории. Вишня и черешня отличаются высокой зимостойкостью, а яблоня считается самой морозоустойчивой культурой. Однако летние сорта яблони, обладающие менее продолжительным периодом покоя, в предшествующие годы испытывали большее подмерзание в Нижнегорском районе. Растения груши предъявляют высокие требования к условиям произрастания, для оптимального роста и развития ей необходимо больше тепла, чем яблоне [25]. По данным прошлых лет, наибольшее количество случаев подмерзания этих культур наблюдали в Нижнегорском районе. По предварительным оценкам текущего года, степень подмерзания плодовых культур была на уровне 90-100% у груши, у яблони – 75-95%, у персика – 95%, ягодных культур – 80%.

По заданию Министерства сельского хозяйства Республики Крым была проведена большая работа по обследованию образцов многолетних плодовых культур для определения степени повреждения генеративных органов с последующей выдачей подтверждающих документов о степени и факте повреждения.

В период с 25 марта по 15 мая обследовано более 500 образцов, проведенный анализ позволяет оценить ситуацию по реакции плодовых культур на воздействие весенних заморозков в условиях Крыма.

Таблица 3

Данные о повреждении весенними заморозками генеративных образований плодовых культур в Республике Крым (2025 г.)

Районы	Площадь (га) повреждения генеративных образований плодовых культур									
	Яблоня		Груша		Персик		Черешня		Слива	
	51-90 %	91-100 %	51-90 %	91-100 %	51-90 %	91-100 %	51-90 %	91-100 %	51-90 %	91-100 %
Бахчисарайский	80,54	14,06	3,03	3,03	68,39	63,81	20,62	21,90	6,4	6,5
Белогорский	72,48	312,38	8,48	22,37	-	-	26,00	15,68	2,01	19,43
Джанкойский	-	-	-	-	1,66	2,40	-	-	-	-
Кировский	1,50	-	-	-	2,00	2,00	-	22,04	-	-
Красногвардейский	470,94	954,00	-	-	-	-	16,16	97,09	-	68,00
Нижнегорский	130,85	238,43	0	4,80	19,00	0,30	48,40	10,90	-	49,81
Первомайский	21,39	78,90	-	-	0	45,00	-	-	-	-
Сакский	10,00	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Симферопольский	2,90	43,00	-	-	18,38	0,00	20,30	5,53	6,70	-
г. Севастополь	180,0	51,08	-	-	-	-	10,78	24,34	-	-
г. Судак	73,69	28,16	-	-	-	-	-	-	-	-
Черноморский	-	-	-	-	-	-	0	15,23	14,37	15,39
ВСЕГО	1044,3	1720,0	11,5	30,2	109,4	113,5	142,3	212,7	29,5	159,1

Отмечено, что в результате негативного воздействия весенних заморозков в 2025 г. значительно пострадали косточковые культуры. Среди семечковых культур

больше подмерзли растения груши. Выявлены наиболее пострадавшие районы: Бахчисарайский (повреждены насаждения яблони на площади 94,6 га; груши – 6,3 га; персика – 132,2 га; черешни – 42,2 га); Белогорский (насаждения яблони на 384,9 га; груши – 30,9 га; черешни – 41,7 га; сливы – 21,4 га); Красногвардейский (насаждения яблони на 1425 га; черешни – 113,2 га; сливы – 68 га); Нижнегорский (насаждения яблони на 369,3 га; черешни – 59,3 га; сливы – 50 га); Первомайский (яблони – 100 га; персика – 45 га); Симферопольский (яблони – 46 га; черешни – 23 га; миндаля – 132 га); Судак (яблони – 102 га) (табл. 3).

Заключение

Проведенное исследование подтверждает, что заморозки являются лимитирующим фактором продуктивности плодовых культур в условиях Крыма. Полученные данные о критических температурах для разных фенофаз плодовых культур вносят вклад в развитие теории устойчивости растений к негативному их воздействию и служат научной основой для планирования защитных мероприятий от них в садоводстве.

В результате искусственного промораживания генеративных почек деревьев черешни в январе при температуре воздуха -23°C и в марте при -10°C выявлена их наименьшая гибель в варианте с плакучей формой кроны у сортов Крупноплодная ($65,9 \pm 4,2$ в январе, и $49,2 \pm 2,2\%$ в марте) и Любава ($87,5 \pm 5,0$ и $75,3 \pm 4,9\%$). Для сорта Аннушка наиболее эффективной оказалась уплощённая форма кроны, при которой в январе погибло $89,9 \pm 6,8\%$, в марте – $56,3 \pm 3,4\%$.

Определено, что внедрение современных технологий и методов прогнозирования заморозков значительно снижает ущерб от потери урожая плодовых культур. Дальнейшие исследования должны быть направлены на селекцию устойчивых генотипов, совершенствование моделей прогноза заморозков с высоким пространственным разрешением и оценку экономической эффективности различных защитных мероприятий. Борьба с их последствиями требует комплексного подхода, сочетающего глубокое понимание синоптической обстановки и микроклимата конкретной территории, применение адаптивных агротехнологий и готовность к оперативному использованию активных методов защиты.

Список литературы

1. Антюфеев В.В., Важсов В.И., Рябов В.А. Справочник по климату Степного отделения Никитского ботанического сада. – Ялта, 2002. – 8 с. EDN: YYXKCL.
2. Бычков А.А., Корнеев В.П., Частухин А.В. и др. Состояние и перспективы развития работ по защите от заморозков // Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ: Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербург, 22-24 октября 2020 года. – Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2020. – С. 595-596. EDN: PQDLNL.
3. Важсов В.И., Косых А.С. Методические указания по оценке климатических условий перезимовки плодовых культур в Крыму. – Ялта. – 1979. – 35 с.
4. Важсов В.И. Методические рекомендации по районированию природных условий Крыма для целей садоводства. – Ялта. – 1986. – 40 с.
5. Воронина Л.В., Зарубина А.В. Исследование заморозков как экологически опасных явлений // Вестник СГУГ и Т (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2010. – №2 (13).

6. Гуляев Б.А. Заморозки и борьба с ними // Защита и карантин растений. – 2019. – № 4. – С. 45-48.
7. Драгавцева И.А., Драгавцев В.А., Ахматова З.П. и др. Новые подходы к селекции плодовых культур на основе изучения степени их адаптивности к стрессовым факторам среды // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2024. – № 153. – С. 29-36. EDN: YIIGNT.
8. Дуганова Е.А. Действие весенних заморозков на цветки плодовых культур // Тр. Туркменской опытной станции ВИР. – 1962. – Вып. 3. – С. 24-26.
9. Егоров Е.А., Шадрина Ж. А., Кочьян Г. А. Нетарифное регулирование рынка плодовой продукции как инструмент управления развитием отрасли садоводства // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 6. – С. 4-9. DOI: 10.30850/2020/6/4-9. EDN: SVEQXK.
10. Иванов В.Ф., Иванова А.С., Опанасенко Н.Е. и др. Экология плодовых культур. – Київ: Аграрна наука, 1998. – 407 с.
11. Кадомцева М.Е. Методология оценки влияния климатических изменений на устойчивое развитие агропродовольственного комплекса. – Саратов: Саратовский источник, 2024. – 294 с.
12. Красова Н.Г., Галашева А.М., Ожерельева З.Е. Устойчивость сортов яблони к неблагоприятным условиям в период цветения // Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур: сборник научных статей. – Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2011. – С. 12-18.
13. Лачуга Ю.Ф., Плугатарь Ю.В., Пащецкий В.С. и др. 10 лет Крымской сельскохозяйственной науке РАН // Вестник Российской академии наук. – 2025. – № 1. – С. 3-15.
14. Лукичева Л.А., Черненский Л.А. Морозостойкость и засухоустойчивость сортов и селекционных форм черешни в условиях степного Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 85. – С. 124-129.
15. Литченко Н.А. Повреждение яблони заморозками в степном Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2007. – № 94. – С. 37-40. – EDN: ULSUZF.
16. Ляпугин И.В. Последствия повреждения груши весенними заморозками в условиях Крыма // Плодоводство: Сборник научных трудов / Главный редактор В.А. Самусь. Том 25. – Самохваловичи, Беларусь: Республиканское научно-производственное дочернее унитарное предприятие "Институт плодоводства", 2013. – С. 381-386.
17. Метлицкий З.А. Зимние и весенние повреждения плодовых деревьев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Сельхозгиз, 1960. – 112 с.
18. Опанасенко Н.Е., Смыков В.А., Мальчиков К.В., и др. Агроклиматологическая оценка пригодности территории Черноморского района Крыма под плодовые культуры. – Симферополь: ООО Издательство «Научный мир», 2015. – 84 с.
19. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: Изд-во Всерос. науч. исслед. инст. сел. плод. культур. – 1995. – 504 с.
20. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой). – Орел: Изд-во Всерос. науч. исслед. инст. сел. плод. Культур. – 1999. – 608 с.
21. Рябов В.А., Опанасенко Н. Е., Антюфеев В. В. Агроклиматическая оценка условий произрастания плодовых культур в Крыму. – Ялта. – 2002. – 28 с.
22. Селиванов А.З. Защита сада от заморозков – Москва: Моск. рабочий, 1958. – 36 с.

23. Семенов В.А., Школьник И.М. Опасные агрометеорологические явления на территории России // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 5. – С. 21-35.
24. Сотник А. И., Танкевич В.В., Бабина Р.Д. Влияние экстремальных погодных условий на зимостойкость плодовых культур в Крыму // Плодоводство: Сборник научных трудов. Том 28. – Самохваловичи: Республикаансое научно-производственное дочернее унитарное предприятие "Институт плодоводства", 2016. – С. 294-300.
25. Сотник А.И., Плугатарь Ю.В., Смыков А.В. и др. К созданию промышленных садов плодовых культур в Крыму // Научно – производственное издание. – Симферополь, 2017. – 219 с.
26. Соловьева М.А. Зимостойкость плодовых культур при разных условиях выращивания. – М.: Колос, 1967. – 239 с.
27. Яблонский Е.А. Методические рекомендации, по оценке зимостойкости косточковых и орехоплодных культур. – Ялта: ГНБС, 1984. – 26 с.
28. Augsburg J. The impact of spring frosts on the wine industry and adaptation strategies: A review // Agricultural and Forest Meteorology. – 2022. – Vol. 316. – P. 108855.
29. Wisniewski M., et al. The mechanisms of resistance to freezing temperatures in fruit trees // Acta Physiologiae Plantarum. – 2018. – Vol. 40. – P. 27.
30. Özkan K. Exotherm Temperatures Detected in Some Fruit Crops Tissues Using Differential Thermal AnalysisIn book: AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES Theory, Current Researches and New Trends – p. 41-56.

Статья поступила в редакцию 01.09.2025 г.

Sotnik A.I., Arifova Z.I., Chelebiev E. F., Denisova O.A., Chakalova E.A., Useynov D.R. Damage to generative formations of fruit crops by recurrent frosts in Crimean agricultural enterprises // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2025. – No. 157 – P. 40-49.

The Crimean Peninsula is characterized by a continental climate with hot summers and relatively warm winters. In some years, significant temperature fluctuations are possible, which increases the risk of frost, especially in the spring. The article presents a comprehensive analysis of recurrent frosts, examines the physical and geographical causes and weather conditions of their occurrence and the consequences for fruit crops in connection with the climatic features of the region. Special attention is paid to the effect of low temperatures on the phenological phases of fruit crop development. Studies have been conducted on the effect of cherry crown shapes on the degree of damage caused by negative temperatures during artificial freezing of fruit formations. The weeping form of the crown is highlighted as the most effective for preserving the generative organs of the plant. The results of a study of the degree and nature of frost damage to fruit crops in agricultural enterprises in Crimea are presented. The classification of existing methods of active and passive protection of plants from frost is carried out. The active methods include: smoking, artificial creation of mists, sprinkling, aeration of the surface air layer, and the use of thermoactive screens. Passive methods include: agrotechnical techniques (selection of frost-resistant cultivars, optimization of planting dates, selection of a place for a garden, taking into account the microrelief), as well as land reclamation work (creation of forest protection strips, planning of the territory for the outflow of cold air). Recommendations are given on minimizing frost damage and increasing the resilience of agricultural production to climate risks. It is concluded that in the context of climate change, with an increase in the frequency and intensity of extreme weather events in recent years, the development and implementation of integrated frost protection systems are becoming critically important elements of ensuring food security of the state. The objective of this work is to study the physical mechanisms of recurrent frosts and to analyse their negative impact on the generative organs of fruit crops in the agro-industrial complex of Crimea, and to review modern methods for minimizing the associated damage.

Key words: recurrent frosts; fruit crops; sweet cherry; agricultural enterprises; agro-climatic risks; plant damage; phenophase; plant protection; radiation cooling; cold advection