

УДК 634.2:632.938.1:632.4

UDC 634.2:632.938.1:632.4

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОМПЛЕКСА БИОХИМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ МОРОЗОУСТОЙЧИВЫХ ОБРАЗЦОВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

DETECTION OF REGULARITIES OF VARIABILITIES FOR DIFFERENT COMPLEXES OF BIOCHEMICAL SIGNS OF HARDY KINDS OF HORTICULTURAL CROPS

Щеглов Николай Иванович
д.б.н., профессор

Scheglov Nicolai Ivanovich
Dr.Sci.Biol., professor

Щеглов Сергей Николаевич
д.б.н., доцент
*Кубанский государственный университет,
Краснодар, Россия*

Shcheglov Sergey Nicolaevich
Dr.Sci.Biol., associate professor
Kuban State University, Krasnodar, Russia

Кузнецова Анна Павловна
к.б.н.
*Северо-Кавказский зональный НИИ садоводства и
виноградарства, Краснодар, Россия*

Kuznetsova Anna Pavlovna
Cand.Biol.Sci.
*North-Caucasus Zonal Research Institute of
Horticulture and Viticulture, Krasnodar, Russia*

Романенко Алиса Станиславовна
аспирант
*Кубанский государственный университет,
Краснодар, Россия*

Romanenko Alisa Stanislavovna
postgraduate stude
Kuban State University, Krasnodar, Russia

В статье проведён анализ комплекса биохимических признаков, характерных для устойчивых к морозам образцов яблони, черешни и сливы. Установлены закономерности изменчивости биохимических признаков общие для всех изученных культур и для каждой в отдельности

In this article there have been given an analysis of a complex of biochemical signs, usual for cold resistant apple, cherry and plum sorts. There have been found the regularities of variability for different complexes of biochemical signs which is similar for all investigated cultures

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, ЧЕРЕШНЯ, СЛИВА, МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ, КОМПЛЕКС БИОХИМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Keywords: APPLE-TREE, CHERRY-TREE, PLUM-TREE, HARDY, COMPLEX OF BIOCHEMICAL SIGNS

Одной из главных причин снижения урожайности высокопродуктивных сельскохозяйственных растений является их недостаточная устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Поэтому чрезвычайно важно знать основные показатели, которые могут характеризовать устойчивость растений к тем или иным неблагоприятным факторам среды.

Регулируя условия выращивания и отбирая устойчивые к неблагоприятным факторам среды сорта и подвои, можно в значительной степени уменьшить количество повреждённых и вымерзших плодовых растений.

Проблема повышения морозоустойчивости плодово-ягодных культур, так же как и всех сельскохозяйственных растений, продолжает оставаться одной из наиболее важных и трудных проблем в современной биологии. Главное место в этой проблеме должно занимать создание новых морозоустойчивых сортов всех плодовых и ягодных культур с использованием современных методов исследования в селекции.

Цель работы – определить значения комплекса биохимических признаков, характерных для морозоустойчивых образцов плодовых культур.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) Определить, какие химические вещества участвуют в механизме морозостойкости исследуемых плодовых культур;
- 2) Оценить влияние низкой температуры на содержание химических веществ в данных растениях;
- 3) Выявить значения биохимических признаков, отличающих устойчивые и перспективные образцы исследуемых культур.

История вопроса. Устойчивость растений к низким температурам подразделяют на холодостойкость и морозоустойчивость. Под холодостойкостью понимают способность растений переносить положительные температуры несколько выше 0° С.

Различают три вида повреждения морозом:

- от переохлаждения у чувствительных к холоду растений, находящихся в состоянии физиологической активности, что, очевидно, связано с нарушениями ферментного и белкового обмена;
- от иссушения морозом в результате высыхания клеточной ткани при прекращении поступления воды из замерзших почвы и ствола и ослабления ее транспорта побегам;
- при образовании в тканях льда [1].

У большинства живых организмов температурные границы находятся в пределах от 1 до 45°C. При температуре ниже, процессы жизнедеятельности замедляются. Вода не передвигается по растению при минус 7–8°C, а при минус 10°C физиолого-биохимические процессы в растительном организме практически не протекают.

Морозоустойчивость – это способность растений продолжительный период выдерживать температуры ниже 0°C, а также противостоять очень сильным морозам (более 40°C).

Морозостойкость в значительной степени зависит от состояния плодовых растений, их генетического потенциала, сроков созревания плодов, конструкции кроны деревьев и прочих факторов.

Зимостойкость растений – способность растений переносить без повреждений неблагоприятные зимние условия. При сильных морозах в результате образования льда в клетках или межклетниках может произойти вымерзание растений. Появляющаяся на посевах при оттепелях ледяная корка ухудшает аэрацию клеток и ослабляет морозостойкость растений. Зимостойкость растений, и в частности их морозостойкость, развиваются к началу зимы в процессе закаливания растений.

Зимостойкость, как физиологическое свойство, можно условно разделить на четыре компонента:

- устойчивость растений к ранним морозам (конец осени – начало зимы);
- устойчивость к морозам в середине зимы до длительных оттепелей;
- устойчивость к резкому падению температуры во время оттепелей;
- устойчивость к возвратным морозам (заморозкам) [2].

При снижении сопротивляемости растений к первому и второму компонентам зимостойкости происходит подмерзание древесины, к

третьему компоненту – в основном повреждаются кора и почки, к 4 компоненту – подмерзают древесина, кора и почки.

В условиях Краснодарского края наблюдается полный спектр температурных изменений, поэтому для возделываемых на его территории плодовых культур необходимо наличие всех видов зимостойкости.

Плодовые деревья не всегда вымерзают полностью. В большинстве случаев они повреждаются частично и остаются в садах с разными степенью и характером повреждения. Такие деревья характеризуются угнетенным ростом и, естественно, последующими пониженными морозоустойчивостью и урожайностью [3].

Способность плодовых растений адаптироваться и приобретать высокую устойчивость к низким и переменным температурам зависит от физиологического состояния растений и его генетической специфичности. При снижении температуры осенью и зимой у плодовых деревьев происходит интенсивный гидролиз крахмала, в результате чего последний превращается в жиры и осмотически активные соединения, прежде всего в различные сахара, являющиеся защитными веществами (они ослабляют процессы денатурации белковых веществ при замораживании и стабилизируют структуру протоплазмы).

Гибель растений от мороза – чрезвычайно сложный процесс, связанный с разрушением структуры протопласта. Первичные повреждения происходят в мембранах клеток [4]. При воздействии низких температур содержимое клеток застудневает [5], уменьшается размер петель пространственной сетки студня, а гель пропитывается защитными веществами.

При воздействии низких отрицательных температур образуются кристаллы льда разной формы и структуры в зависимости от того, где они образуются и каково физиологическое состояние растения. В

растительных тканях различают два типа замораживания: витрификация – переход в твердое состояние без упорядочения размещения молекул и кристаллизация – переход в твердое состояние, при котором размещение молекул происходит в виде упорядоченных структур. В природе обычно встречается второй тип замораживания.

Повреждение растений под действием низких температур связано с возникновением напряжения в цитоплазме. Развитие устойчивости к этим воздействиям, по-видимому, сопровождается такими изменениями в цитоплазме, которые замедляют движение воды, то есть устраняют главную причину напряжения, уменьшают образование и миграцию кристаллов льда. Повреждение протоплазмы возможно и при оттаивании льда, когда вода поступает в протоплазму и вызывает неравномерное ее растяжение.

Важной задачей селекции является выведение приспособленных к условиям окружающей среды сортов. Вследствие взаимодействия стрессовых факторов интенсивные сорта могут реализовать лишь на 15–30 процентов потенциальной продуктивности [6]. Наиболее дефицитной категорией адаптивного потенциала является устойчивость к температурным стрессам.

В основных зонах промышленного садоводства зимостойкость растений в большинстве случаев обусловлена их морозостойкостью.

Исследования механизмов устойчивости и процесса адаптации к низким температурам во время закаливания растений показали, что морозостойкость проявляется как динамическое и комплексное свойство.

Представление о комплексном характере зимостойкости согласуется с данными по исследованию этого признака. Работ по генетике зимостойкости плодовых и ягодных культур немного, и почти все они проведены на ограниченной генетической базе, в основном, на анализе семей, полученных при осуществлении селекционных программ.

Исследования на яблоне, груше, косточковых культурах, малине, землянике и других породах показали, что зимостойкость наследуется как количественный признак, который контролируется большим числом генов, действующих аддитивно; эпистаз и доминирование не представляют важных компонентов в генетической дисперсии [7, 8]. В некоторых работах отмечается преимущественное влияние материнской формы, что говорит об участии цитоплазматического фактора в контроле зимостойкости, но это во многом зависит от сочетания родительских форм и культуры.

По-видимому, гены, ответственные за зимостойкость, располагаются в разных хромосомах и сцеплены со многими генами, определяющими другие признаки, в том числе качество плодов и продуктивность сорта.

На настоящем этапе развития генетики еще неизвестно, сколько генов ответственны за зимостойкость плодовых и ягодных растений и в каких хромосомах они расположены, как эти гены взаимодействуют, каковы принципы регуляции функционирования геномов.

Решение этих вопросов ускорило бы выведение новых сортов, позволило бы использовать методы генной инженерии и другие методы молекулярной биологии с целью преодоления многих трудностей, возникающих в процессе селекции.

К наиболее опасным зимним повреждениям надземной части плодовых деревьев во всех зонах страны относятся солнечные ожоги коры ствола и скелетных ветвей, морозобоины. В отдельные годы наблюдается повреждение корневой системы. Степень и характер повреждений плодовых растений морозами в разные зимы неодинаковы. К широко распространенным типам зимних повреждений можно отнести повреждение коры, камбия и древесины ветвей, ствола. Нередко наблюдается полная гибель надземной части растений до линии снежного

покрова. Часто вымерзают плодовые почки у груши и косточковых, особенно у абрикоса, персика, черешни, вишни и сливы.

Корневая система плодовых деревьев характеризуется низкой морозоустойчивостью. Так, если надземная часть устойчивых сортов яблони зимой, при благоприятных условиях подготовки к зиме, может перенести, не повреждаясь, температуру от минус 41 до минус 42°C и ниже, то корневая система большинства плодовых культур повреждается при температуре от минус 10 до минус 12°C, иногда до минус 16°C.

Степень морозоустойчивости корней плодовых деревьев непостоянна в течение осенне-зимнего и зимне-весеннего периодов. В эти периоды изменяется также последовательность в устойчивости отдельных тканей. Повреждения различных тканей дерева показаны на рисунке 1.

При повреждении коры и камбия корней, кора у деревьев яблони отстает от древесины и снимается хлопьями, на коре ствола появляются ожоги коричневатого-оранжевого цвета, у сеянцев и саженцев в зимней прикопке кора с корнями сползает чулком, оголяя древесину.

Наиболее опасным типом повреждения плодовых деревьев является повреждение коры и древесины штамбов, скелетных ветвей и развилок новых ветвей.

При подмерзании штамбов возможна гибель или повреждения коры, камбия, древесины и сердцевины. Значительное подмерзание коры с возможным омертвением до древесины оказывает угнетающее действие на дерево.

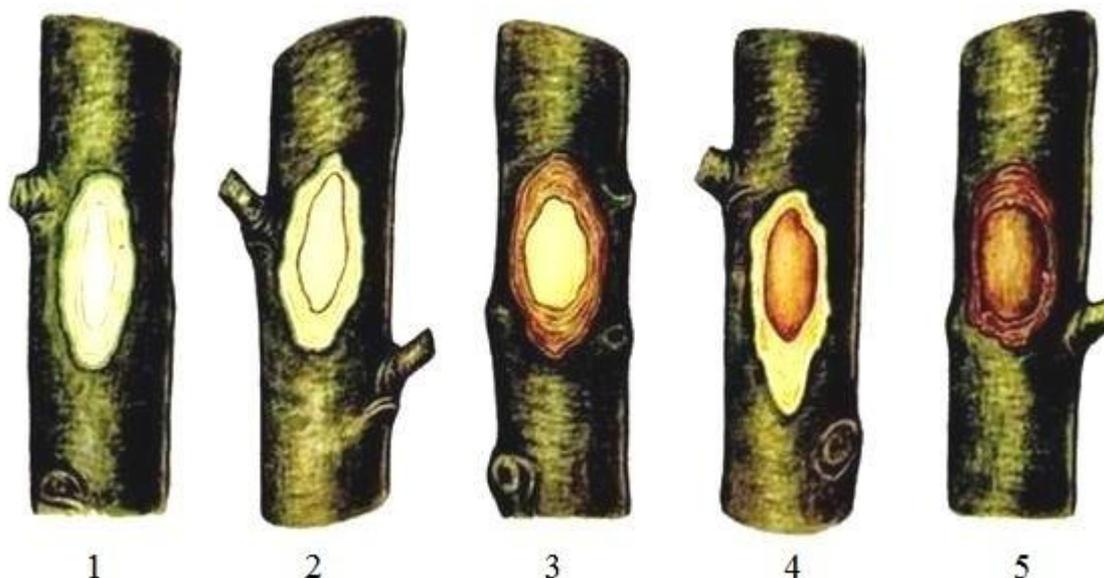


Рисунок 1 – Повреждение морозами различных тканей ствола яблони

1 – неповрежденные ткани; 2 – поврежден камбий; 3 – повреждены кора и камбий; 4 – повреждена древесина; 5 – повреждены древесина, кора и камбий

Образуется некротический (изолирующий) слой из продуктов распада. При сильном повреждении перестает функционировать проводящая ткань, впоследствии отмирающая, деревья сильно ослабевают, плохо восстанавливаются. Сильное повреждение коры с кольцевым охватом штамба приводит к гибели деревьев на первых этапах вегетации, или дерево постепенно проявляет признаки усыхания (слабый рост однолетних побегов, уменьшение размера листовой пластинки, раннее изменение окраски листьев и постепенное их опадение).

Подмерзание камбия в развилках осложняет восстановительные процессы, снижается прочность соединения ветвей и ствола, что служит причиной частых разломов, особенно при хорошей нагрузке урожаем.

Характер и степень повреждения надземной части разных плодовых пород в одну и ту же зиму и в разные зимы неодинаковы. По степени морозоустойчивости породы располагаются следующим образом: из

семечковых – яблоня, груша, айва; из косточковых – вишня, слива, черешня, абрикос, персик. Такой порядок в устойчивости отдельных пород не всегда сохраняется. В зависимости от сочетания метеорологических факторов лета, осени и зимы, условий выращивания и физиологического состояния растений порядок расположения пород в отношении их устойчивости к низким и переменным температурам может быть иным.

Самой высокой устойчивостью к низким зимним температурам обладает тонкий слой камбиальных клеток. Деревья, сохранившие камбий при значительном подмерзании древесины, могут восстановиться и остаться живыми. Поражение низкими температурами камбиальных клеток приводит к отслоению коры, замедлению ростовых процессов, отмиранию или отдельных ветвей, или к полной гибели дерева. От степени подмерзания камбия в дальнейшем зависит жизнедеятельность растения. Полностью погибший камбий не восстанавливается, и дерево погибает. Здоровые ткани камбия имеют светло-зеленый цвет.

Известно, что наименее устойчивой к особо низким температурам является древесина. Поврежденные ткани древесины приобретают окраску от светло желтой (слабое подмерзание) до темно-коричневой (сильное подмерзание) (рисунок 2).

В первую очередь повреждается древесина основных веток в развилках, особенно у деревьев, вступающих в плодоношение и имеющих острые углы отхождения ветвей.

При слабой и средней степени подмерзания древесины явных внешних проявлений у дерева сразу не наблюдается и в случае сохранности плодовых почек выражается в излишнем или полном опадении цветков и завязей. Повреждения древесины ствола и скелетных ветвей вызывают у деревьев мелколистность, хлороз, млечный блеск, сажистый налет на коре.



Рисунок 2 – Разная степень повреждения древесины ветвей яблони сорта Ренет Симиренко

У подмерзших деревьев наблюдаются значительные физиологические расстройства, утрачивает свои функции значительная часть сосудисто-проводящей системы из-за закупорки продуктами распада. Повреждение сосудов приводит к резким нарушениям корневого питания, транспирации и фотосинтеза. Солнечных ожоги и морозобоины приводит к нарушению целостности тканей. Пострадавшие от морозов деревья ослаблены, более подвержены повреждению вредителями и болезнями.

Подмерзание цветковых почек и плодовых образований не приводит к гибели дерева в целом, а лишь отрицательно сказывается на его урожайности. Подмерзание плодовой древесины (кольчатки, плодухи, букетные веточки, копыцеа) выражается в повреждении проводящих сосудов сердцевины, древесины, питающих плодовую почку. Сильное повреждение ведет к закупорке сосудов дальнейшей гибели плодовых образований. Определение подмерзания плодовых образований устанавливают по изменению окраски сердцевины и древесины подстилающих тканей. Подмерзание сосудисто-проводящих пучков сильнее проявляется у основания плодовых образований, с изменением окраски до бурой.

Происходит нарушение питания почек, проявляющееся визуально в недоразвитости листовой поверхности, мелкоплодности, отставании плодов в развитии, избыточном их осыпании. Сильное подмерзание плодовых образований оказывает наиболее существенное влияние на снижение урожайности дерева.

В сильной степени поврежденные плодовые почки весной не раскрываются. Плодовые почки разных сортов одной породы повреждаются неодинаково. Наиболее заметные различия в повреждаемости наблюдаются у вишни, черешни, несколько меньше – абрикоса и сливы.

Основным типом морозных повреждений, наиболее часто повторяемым в условиях кубанских зим, является вымерзание или повреждение генеративных почек или отдельных их органов. Степень подмерзания генеративных почек обусловлена различием в темпах прохождения органогенеза. Чем менее развиты почки, тем выше их морозостойкость.

Подмерзание вегетативных почек проявляется крайне редко, в основном у косточковых культур, и выражается в потемнении их тканей. При действии другого стрессора – ранне-весенних заморозков – происходит подмерзание цветков, завязей (молодых плодов) вплоть до их полной гибели. Наиболее уязвимы цветки в фазе полного цветения, наименее морозостойкими являются пестики, подмерзание завязей увеличивается со степенью их развития. Морозостойкость цветков и завязей в очень большой степени обусловлена породно-сортовыми особенностями растений.

Важное условие успеха селекции зимостойких сортов – использование надежного, быстрого и пригодного для массовых испытаний метода определения зимостойкости. Селекционеры в своей работе до последнего времени использовали, в основном, полевой метод оценки. Однако это затягивает селекционный процесс на долгие годы.

Испытание на зимостойкость можно ускорить путем моделирования действия основных повреждающих факторов для каждой культуры и региона в лабораторных условиях, используя камеры с регулируемой температурой. При исследовании механизмов морозоустойчивости физиологи широко используют метод искусственного промораживания, однако требуются испытания по определенной программе, учитывающей многокомпонентность признака.

При составлении программ испытаний необходимо учитывать, что для разных климатических зон и культур повреждающие факторы холодного времени года и соответствующие им компоненты зимостойкости могут иметь не одинаковое значение для надежности перезимовки и урожая. Выявить роль отдельных компонентов зимостойкости для регионов и культур помогает анализ многолетних наблюдений за частотой и характером повреждений растений в природных условиях в годы с разным сочетанием метеофакторов.

Скорость снижения температуры при промораживании – $5^{\circ}/\text{час}$, продолжительность действия критической температуры – 6–12 часов. Весь материал промораживают в одном шкафу, последовательно вынимая образцы через каждые $3\text{--}5^{\circ}$, начиная с той температуры, где ожидаются повреждения, и до полной их гибели. Это позволяет выявить весь температурный диапазон повреждений, лучшую сравнимость данных и эффективнее использовать оборудование. Оттаивание растений проводят при температуре от 0 до минус 2°C или переносят на хранение при температуре от минус 3 до минус 5°C .

Для оценки повреждений существует ряд способов, но наиболее оперативный из них – отращивание образцов в сосудах с водой или в условиях искусственного тумана в течение 10–14 дней с последующей оценкой повреждения по побурению тканей и росту зачатков цветков в

генеративных почках. Степень подмерзания выражают в баллах или температуре начальных и средних повреждений.

Для определения устойчивости цветков и завязей к весенним заморозкам 3–5 веток с 5–6 соцветиями срезают рано утром или вечером и промораживают 2–4 часа при температуре от 2 до 6°С в зависимости от вида и сорта при скорости снижения температуры 5–10°/час. Повреждения оценивают через сутки визуально.

Представление о зимостойкости как многокомпонентном признаке и испытания в контролируемых условиях по программам, учитывающим основные компоненты зимостойкости культур каждого климатического региона на разных этапах селекционного процесса, позволят ускорить выведение новых зимостойких сортов. Выбор доноров зимостойкости обеспечит большой выход зимостойких гибридов. Отсеивание незимостойких форм в раннем возрасте приведет к многократному сокращению площадей, занимаемых гибридным фондом, и интенсификации селекционного процесса. Окончательная всесторонняя оценка по зимостойкости в период вступления в плодоношение отобранных форм будет способствовать тому, что селекция на зимостойкость перестанет быть лимитирующим звеном в выведении новых сортов плодовых и ягодных культур, удовлетворяющих современным требованиям.

Повысить надежность оценки гибридов на морозостойкость можно за счет применения ряда дополняющих друг друга методов.

В.Ф. Денисовым [9] был предложен способ прогнозирования морозостойкости яблони по набуханию семян. Чем меньше набухаемость помещенных в воду воздушно-сухих семян за определенный промежуток времени, тем выше морозостойкость выросших из них сеянцев. Способ весьма трудоемкий, применим преимущественно для небольших гибридных семей.

А.Ф. Колесниковой и Г.В. Зубаревой [10] для вишни был разработан метод промораживания семян после завершения стратификации, удаления твердой оболочки и закаливания.

Тем не менее способы оценки устойчивости гибридов по семенам нельзя относить к бесперспективным. Оценка морозостойкости семян яблони и вишни после закаливания и промораживания при моделировании условий, близких к естественным условиям их выживания при подзимнем посеве, не вызывает больших трудностей и позволяет на 50–70 процентов сократить объем гибридных семян за счет отбраковки неустойчивых и поврежденных при промораживании [11].

Массовая отбраковка неустойчивых и отбор зимостойких форм должны завершаться в селекционном питомнике на 2–3-й год жизни сеянца.

Для оценки способности побегов развивать устойчивость к ранним морозам можно использовать некоторые биохимические и электрофизиологические характеристики растений.

Работа выполнена в ГНУ Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии (г. Краснодар) в 2010-2011 гг.

Материалом для исследования послужили:

- сорто-подвойные комбинации яблони: Ренет Симиренко (СК-2), Ренет Симиренко (СК-3), Ренет Симиренко (М-7), Ренет Симиренко (71-7-22) и подвои яблони: СК-2, СК-3, М-7, 71-7-22;
- подвои черешни: 7-42, 5-40, 5-44, 5-34, ВСЛ-2;
- сорто-подвойные комбинации сливы: Кабардинская ранняя (алыча), Кабардинская ранняя (Эврика) и подвои сливы: ПКГ-13, алыча, ПКГ-25, ВВА, АП, Дружба.

Промораживание было проведено в ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых растений им.

И. В. Мичурина Россельхозакадемии (г. Мичуринск Тамбовской области) в лабораторных условиях с использованием низкотемпературной установки JEIO TESH TH-6 на основе моделирования повреждающих факторов в соответствии с выявленными их пороговыми значениями.

Промораживание проводилось при минус 30°C – значении, превышающем выявленное пороговое.

Был проведен анализ минимальных отрицательных температур в феврале – среднемноголетняя минимальная температура в этом месяце составляет минус 12°C, а абсолютный минимум за 30 лет зафиксирован на уровне минус 23,5 °C, что может быть принято как пороговое значение. Таким образом, была составлена программа испытаний устойчивости подвоев плодовых культур с использованием «опережающего контроля», превышающего выявленное пороговое значение.

Степень повреждения тканей оценивали после двухнедельного отращивания образцов по их естественному побурению, согласно принятой балльной шкале: 0 – повреждений нет, 5 – полная гибель ткани.

В опыте измерялись следующие биохимические показатели – содержание яблочной, лимонной, янтарной, аскорбиновой, кофейной, хлорогеновой кислот, а так же калий, кальция, магния, натрия.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью дисперсионного анализа и t-критерия Стьюдента, реализованных в пакете статистических программ Statistica 10.0 [12].

Исследование было начато с количественной оценки влияния промораживания на содержание биохимических веществ в побегах яблони, черешни и сливы. Эта задача была выполнена с помощью дисперсионного анализа с фактором «промораживание», т.е. различными сроками измерения содержания биохимических веществ – до и после промораживания.

Установлено, что промораживание побегов яблони не оказывает статистически достоверного влияния на содержание лимонной и кофейной

кислот, калия и магния. Доля влияния промораживания на содержание остальных биохимических веществ варьирует от 8,6% (содержание яблочной кислоты и натрия) до 53,4% (содержание янтарной кислоты).

Промораживание побегов черешни не оказывает значимого влияния на содержание кофейной и лимонной кислот, натрия, магния и кальция. Доля влияния промораживания в общей дисперсии составляет от 23,9% (содержание аскорбиновой кислоты) до 100% (содержание янтарной кислоты).

Промораживание побегов сливы не оказывает существенного влияния на содержание яблочной, лимонной, аскорбиновой, хлорогеновой кислот и калия). Доля влияния промораживания в общей дисперсии колебалась от 10,6% (содержание магния) до 26,9% (содержание кальция).

Проведенный нами дисперсионный анализ выявил биохимические признаки, на которые влияет промораживание побегов у яблони, черешни и сливы. Для того чтобы узнать в положительную или отрицательную сторону изменяется содержание биохимических веществ после промораживания мы провели их сравнение с помощью t-критерия Стьюдента (таблицы 1-3).

Таблица 1 – Сравнение биохимических признаков яблони до и после промораживания

Признак	До опыта	После опыта	Соотношение	t-критерий
Яблочная кислота	1,06	0,82	1,29	2,29*
Янтарная кислота	0,09	0,02	4,5	7,33**
Натрий	165,55	122,68	1,34	2,28*
Кальций	174,43	129,44	1,34	3,49**
Аскорбиновая кислота	16,44	38,85	0,42	5,08**
Хлорогеновая кислота	366,79	233,99	1,56	3,62**

Из таблицы 1 видно, что после промораживания уменьшилось количество яблочной, янтарной, хлорогеновой кислот, а так же натрия и кальция. Содержание аскорбиновой кислоты возросло.

Таблица 2 – Сравнение биохимических признаков черешни до и после промораживания

Признак	До опыта	После опыта	Соотношение	t-критерий
Яблочная кислота	1,46	1,32	1,10	3,2**
Янтарная кислота	0,07	0,02	3,5	6,39**
Калий	893,66	1583,66	0,56	5,66**
Аскорбиновая кислота	24,55	59,77	0,41	2,67*
Хлорогеновая кислота	250,41	104,05	0,001	3,41**

Из таблицы 2 видно, что после промораживания уменьшилось количество яблочной, янтарной, и хлорогеновой кислот. Содержание аскорбиновой кислоты и калия возросло.

Таблица 3 – Сравнение биохимических признаков сливы до и после промораживания

Признак	До опыта	После опыта	Соотношение	t-критерий
Янтарная кислота	0,04	0,02	2,0	3,67**
Натрий	83,37	123,68	0,67	2,26*
Магний	140,26	175,13	0,80	2,13*
Кальций	141,60	256,79	0,05	3,47**
Кофейная кислота	41,98	15,84	2,65	2,20*

Из таблицы 3 видно, что после промораживания уменьшилось количество янтарной и кофейной кислот. Содержание натрия, магния и кальция возросло.

Таким образом, в первой части работы было показано, что промораживание побегов оказывает влияние на содержание некоторых биохимических веществ до и после опыта.

Представляло интерес оценить влияние генотипа сорто-подвойных комбинаций и подвоев, года выращивания и их взаимодействия на биохимические признаки до и после промораживания. Для удобства сравнения результатов дисперсионного анализа доли влияния изученных факторов были размещены в сводной таблице 4.

Таблица 4 – Доли влияния генотипа, года выращивания и их взаимодействия на биохимические признаки до и после опыта с промораживанием

Фактор	Яблоня		Черешня		Слива	
	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта
Содержание яблочной кислоты						
Генотип	35,1	9,2	20,4	0,0	13,8	0,0
Год	20,5	18,5	0,0	93,7	1,7	66,5
Генотип × год	33,4	37,8	65,9	0,0	82,4	0,0
Содержание янтарной кислоты						
Генотип	5,2	5,3	3,9	0,0	21,8	0,0
Год	82,3	70,3	0,0	68,2	44,9	80,6
Генотип × год	10,0	0,0	88,1	0,0	23,5	0,0
Содержание лимонной кислоты						
Генотип	25,4	2,8	7,9	0,0	46,8	2,6
Год	1,6	87,5	59,1	88,5	13,0	91,4
Генотип × год	23,7	5,3	17,9	0,0	40,1	5,5
Содержание калия						
Генотип	8,2	11,9	17,8	5,5	28,4	0,1
Год	80,7	87,5	28,1	74,8	23,6	10,1
Генотип × год	11,2	0,6	54,1	19,7	48,0	89,9
Содержание натрия						
Генотип	13,1	15,2	3,7	39,1	1,4	5,1
Год	70,9	46,0	82,5	4,2	98,6	88,5
Генотип × год	16,0	38,7	13,8	56,7	0,0	6,3
Содержание магния						
Генотип	22,9	77,4	73,2	11,9	88,4	78,2
Год	67,3	3,1	23,9	15,8	7,9	0,3
Генотип × год	9,8	19,4	2,8	72,3	3,6	21,4
Содержание кальция						
Генотип	6,9	7,9	25,1	16,9	5,0	67,7
Год	81,9	75,9	64,4	54,5	80,1	29,4
Генотип × год	11,2	16,2	10,5	28,6	14,9	2,7

Влияние генотипа на биохимические признаки после опыта с промораживанием увеличилось: у яблони на содержание калия, магния, натрия; у черешни – натрия; у сливы – натрия, кальция.

Влияние генотипа на биохимические признаки после опыта с промораживанием понизилось: у яблони на содержание яблочной, лимонной кислот; у черешни – яблочной, янтарной, лимонной кислот,

калия, магния, кальция; у сливы – яблочной, янтарной, лимонной кислот, калия, магния.

Влияние года выращивания на биохимические признаки после опыта с промораживанием увеличилось: у яблони на содержание лимонной кислоты, калия; у черешни – яблочной, янтарной, лимонной кислот, калия; у сливы – яблочной, янтарной, лимонной кислот.

Влияние года выращивания на биохимические признаки после опыта с промораживанием понизилось: у яблони на содержание яблочной, янтарной кислот, натрия, магния, кальция; у черешни – натрия, магния, кальция; у сливы – калия, натрия, магния, кальция.

Влияние взаимодействия генотипа и года выращивания на биохимические признаки после опыта с промораживанием увеличилось: у яблони на содержание яблочной кислоты, натрия, магния, кальция; у черешни – натрия, магния, кальция; у сливы – калия, натрия, магния.

Влияние взаимодействия генотипа и года выращивания на биохимические признаки после опыта с промораживанием понизилось: у яблони на содержание янтарной, лимонной кислот, калия; у черешни – яблочной, янтарной, лимонной кислот, калия; у сливы – яблочной, янтарной, лимонной кислот, кальция.

Анализ полученных данных позволяет вывести общие закономерности изменения биохимических показателей для всех трех изученных культур. После опыта с промораживанием побегов увеличивается влияние генотипа образцов на содержание натрия и уменьшается на содержание яблочной и лимонной кислот. Влияние года выращивания увеличивается на содержание лимонной кислоты и уменьшается на содержание натрия, магния и кальция. Совокупное влияние генотипа образцов и года выращивания увеличивается на содержание натрия и магния и уменьшается на содержание янтарной и

лимонной кислот. Другими словами, эта тенденция распространяется на все изученные нами плодовые культуры.

В заключительной части работы представляло интерес выяснить, как отличаются по содержанию биохимических веществ морозоустойчивые образцы от образцов, повреждаемых низкими температурами. Для этого с помощью t-критерия Стьюдента проведено сравнение содержания биохимических веществ в самом морозостойком образце по каждой культуре с остальными образцами повреждаемыми низкими температурами. В анализе использовалась совмещенная выборка за два года исследований. Результаты сравнения отражены в таблицах 5-7.

Несмотря на выявленные общие тенденции для плодовых культур данные проведенного сравнения показывают, что каждая культура обладает своими особенностями, отличающими морозоустойчивые образцы от неморозоустойчивых. Эти особенности можно учесть при экспресс-оценке образцов яблони, черешни и сливы по морозоустойчивости.

Таблица 5 – Результаты сравнения биохимических признаков в образцах яблони устойчивых и неустойчивых к низким температурам

Признаки	Устойчивые	Неустойчивые	t-критерий
Содержание яблочной кислоты	1,40	0,76	3,06**
Содержание янтарной кислоты	0,04	0,02	1,80
Содержание лимонной кислоты	1,40	1,09	0,47
Содержание калия	1601,00	1694,10	0,22
Содержание натрия	74,00	124,10	2,85**
Содержание магния	95,00	166,61	1,71
Содержание кальция	145,00	125,43	0,81
Содержание аскорбиновой кислоты	72,00	38,53	2,22*
Содержание хлорогеновой кислоты	92,00	263,62	3,93**
Содержание кофейной кислоты	3,96	15,98	1,14

Таблица 6 – Результаты сравнения биохимических признаков в образцах черешни устойчивых и неустойчивых к низким температурам

Признаки	Устойчивые	Неустойчивые	t-критерий
Содержание яблочной кислоты	0,55	1,27	3,37**
Содержание янтарной кислоты	0,00	0,03	2,86
Содержание лимонной кислоты	0,04	1,70	5,88**
Содержание калия	1281,30	1659,25	1,58
Содержание натрия	155,01	117,00	1,24
Содержание магния	270,80	249,75	0,69
Содержание кальция	118,82	190,25	2,78*
Содержание аскорбиновой кислоты	134,55	41,07	2,97*
Содержание хлорогеновой кислоты	54,39	116,47	4,09**
Содержание кофейной кислоты	17,20	3,27	25,48**

Таблица 7 – Результаты сравнения биохимических признаков в образцах сливы устойчивых и неустойчивых к низким температурам

Признаки	Устойчивые	Неустойчивые	t-критерий
Содержание яблочной кислоты	1,50	1,30	0,35
Содержание янтарной кислоты	0,02	0,02	0,45
Содержание лимонной кислоты	1,00	1,45	0,81
Содержание калия	1400,00	1587,94	0,41
Содержание натрия	84,00	128,09	1,23
Содержание магния	115,00	181,82	2,11*
Содержание кальция	601,00	218,54	4,70**
Содержание аскорбиновой кислоты	1,90	69,51	1,71
Содержание хлорогеновой кислоты	289,00	657,43	0,90
Содержание кофейной кислоты	3,500	17,22	1,12

Установлено, что у яблони морозоустойчивые образцы по сравнению с неморозоустойчивыми обладают повышенным содержанием яблочной и аскорбиновой кислоты (в 1,8 раза) и пониженным содержанием натрия (в 1,8 раза) и хлорогеновой кислоты (в 2,8 раза). У черешни морозоустойчивые образцы характеризуются повышенным содержанием аскорбиновой (в 3,2 раза) и кофейной (в 5,2 раза) кислот и пониженным содержанием кальция (в 1,6 раза), яблочной (в 2,3 раза), лимонной (в 42,5 раза), хлорогеновой (в 2,1 раза) кислот. У сливы морозоустойчивые

образцы характеризуются повышенным содержанием кальция (в 2,7 раза) и пониженным содержанием магния (в 1,5 раза).

В результате проведенной работы можно сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

1. Установлено, что промораживание побегов не оказывает статистически достоверного влияния на следующие признаки: у яблони – на содержание лимонной и кофейной кислот, калия и магния; у черешни – на содержание кофейной и лимонной кислот, натрия, магния и кальция; у сливы – на содержание яблочной, лимонной, аскорбиновой, хлорогеновой кислот и калия.

2. Влияние генотипа на биохимические признаки после опыта с промораживанием увеличилось: у яблони на содержание калия, магния, натрия; у черешни – натрия; у сливы – натрия, кальция.

Влияние генотипа на биохимические признаки после опыта с промораживанием понизилось: у яблони на содержание яблочной, лимонной кислот; у черешни – яблочной, янтарной, лимонной кислот, калия, магния, кальция; у сливы – яблочной, янтарной, лимонной кислот, калия, магния.

3. Влияние года выращивания на биохимические признаки после опыта с промораживанием увеличилось: у яблони на содержание лимонной кислоты, калия; у черешни – яблочной, янтарной, лимонной кислот, калия; у сливы – яблочной, янтарной, лимонной кислот.

Влияние года выращивания на биохимические признаки после опыта с промораживанием понизилось: у яблони на содержание яблочной, янтарной кислот, натрия, магния, кальция; у черешни – натрия, магния, кальция; у сливы – калия, натрия, магния, кальция.

4. Влияние взаимодействия генотипа и года выращивания на биохимические признаки после опыта с промораживанием увеличилось: у

яблони на содержание яблочной кислоты, натрия, магния, кальция; у черешни – натрия, магния, кальция; у сливы – калия, натрия, магния.

Влияние взаимодействия генотипа и года выращивания на биохимические признаки после опыта с промораживанием понизилось: у яблони на содержание янтарной, лимонной кислот, калия; у черешни – яблочной, янтарной, лимонной кислот, калия; у сливы – яблочной, янтарной, лимонной кислот, кальция.

5. Установлено, что у яблони морозоустойчивые образцы по сравнению с неморозоустойчивыми обладают повышенным содержанием яблочной и аскорбиновой кислоты (в 1,8 раза) и пониженным содержанием натрия (в 1,8 раза) и хлорогеновой кислоты (в 2,8 раза). У черешни морозоустойчивые образцы характеризуются повышенным содержанием аскорбиновой (в 3,2 раза) и кофейной (в 5,2 раза) кислот и пониженным содержанием кальция (в 1,6 раза), яблочной (в 2,3 раза), лимонной (в 42,5 раза), хлорогеновой (в 2,1 раза) кислот. У сливы морозоустойчивые образцы характеризуются повышенным содержанием кальция (в 2,7 раза) и пониженным содержанием магния (в 1,5 раза).

Список литературы

1. Макарова Э.В. Методы и способы повышения стрессоустойчивости плодовых культур и винограда // Сб. матер. международной дистанционной науч.-практич. конф. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2009. С. 55–67.
2. Кичина В.В. Современные представления о зимостойкости плодовых культур // Селекция на зимостойкость плодовых и ягодных культур. М., 1993. С. 3–16.
3. Соловьева М.А. Атлас повреждений плодовых и ягодных культур морозами. – Киев: Урожай, 1988. 48 с.
4. Самыгин Г.А. Причины вымерзания растений. М.: Наука, 1974. 191 с.
5. Туманов И.И., Красавцев О.А., Т.И. Трунова Т.И. Изучение процесса льдообразования в растениях путем измерения тепловых выделений // Физиология растений. М., 1969. Т. 16. Вып. 5. С. 907–916.

6. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений: эколого-генетические основы. Кишинев: Штиинца, 1988. 767 с.
7. Кичина В.В. Проблемы зимостойкости в селекции яблони // Плодоовощное хозяйство. 1986. № 11. С. 14–17.
8. Еремин Г.В., Гасанова Т.А. Оценка устойчивости плодовых культур к зимним оттепелям и возвратным морозам // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство). Л., 1988. С. 170–173.
9. Денисов В.Ф., Денисова Ф.Н. Физиологические исследования морозоустойчивости яблони и некоторых орехоплодных в связи с разработкой методов диагностики на зимостойкость. М., 1977. 236 с.
10. Колесникова А.Ф., Зубарева Г.В., Жданова Г.П. К вопросу о повышении эффективности отбора семян // Селекция, сортоведение, агротехника плодовых и ягодных культур. Орел, 1981. С. 86–96.
11. Леонченко В.Г. Косвенные методы определения морозостойкости плодовых культур // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. М., 1995. С. 46–48.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

References

1. Makarova Je.V. Metody i sposoby povysheniya stressoustojchivosti plodovyh kul'tur i vinograda // Sb. mater. mezhdunarodnoj distancionnoj nauch.-praktich. konf. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2009. S. 55–67.
2. Kichina V.V. Sovremennye predstavlenija o zimostojkosti plodovyh kul'tur // Selekcija na zimostojkost' plodovyh i jagodnyh kul'tur. M., 1993. S. 3–16.
3. Solov'eva M.A. Atlas povrezhdenij plodovyh i jagodnyh kul'tur morozami. – Kiev: Urozhaj, 1988. 48 s.
4. Samygin G.A. Prichiny vimerzaniya rastenij. M.: Nauka, 1974. 191 s.
5. Tumanov I.I., Krasavcev O.A., T.I. Trunova T.I. Izuchenie processa l'doobrazovaniya v rastenijah putem izmereniya teplovyh vydelenij // Fiziologija rastenij. M., 1969. T. 16. Вып. 5. S. 907–916.
6. Zhuchenko A.A. Adaptivnyj potencial kul'turnyh rastenij: jekologo-geneticheskie osnovy. Kishinev: Shtiinca, 1988. 767 s.
7. Kichina V.V. Problemy zimostojkosti v selekcii jabloni // Plodoovoshhnoe hozjajstvo. 1986. № 11. S. 14–17.

8. Eremin G.V., Gasanova T.A. Ocenka ustojchivosti plodovyh kul'tur k zimnim ottepeljam i vozvratnym morozam // Diagnostika ustojchivosti rastenij k stressovym vozdeystvijam (metodicheskoe rukovodstvo). L., 1988. S. 170–173.

9. Denisov V.F., Denisova F.N. Fiziologicheskie issledovanija morozustojchivosti jabloni i nekotoryh orehoplodnyh v svjazi s razrabotkoj metodov diagnostiki na zimostojkost'. M., 1977. 236 s.

10. Kolesnikova A.F., Zubareva G.V., Zhdanova G.P. K voprosu o povyshenii jeffektivnosti otbora sejancev // Selekcija, sortovedenie, agrotehnika plodovyh i jagodnyh kul'tur. Orel, 1981. S. 86–96.

11. Leonchenko V.G. Kosvennye metody opredelenija morozostojkosti plodovyh kul'tur // Programma i metodika selekcii plodovyh, jagodnyh i orehoplodnyh kul'tur. M., 1995. S. 46–48.

12. Lakin G.F. Biometrija. M.: Vysshaja shkola, 1990. 352 s.