

Вопрос 1. Характеристика тепла как экологического фактора

В экологии тепловое состояние окружающей среды и самих организмов характеризуют через их температуру. Более употребительна стоградусная шкала Цельсия (хотя в американских работах широко применяется и шкала Фаренгейта). Основные принципы и способы измерения температуры, а также приборы, используемые в экологических и эколого-физиологических исследованиях, перечислены в таблице 1.

Чтобы охарактеризовать тепловые условия местообитания растений, необходимо знать закономерности распределения тепла в пространстве и его динамику во времени как в отношении общеклиматических характеристик, так и конкретных условий произрастания растений.

Общее представление об обеспеченности того или иного района теплом дают такие общеклиматические показатели, как среднегодовая температура для данной местности, абсолютный максимум и абсолютный минимум (т. е. наиболее высокая и наиболее низкая температура, зарегистрированная в этом районе), средняя температура самого теплого месяца (на

большой части северного полушария это июль); средняя температура самого холодного месяца (в континентальных областях северного полушария – январь).

Для характеристики тепловых условий жизни растений важно знать не только общее количество тепла, но и его распределение во времени, от которого зависят возможности вегетационного периода. Годовую динамику тепла хорошо отражает ход среднемесячных (или среднесуточных) температур, неодинаковый на разных широтах и при разных типах климата, а также динамика максимальных и минимальных температур. Границы вегетационного сезона определяются продолжительностью безморозного периода, частотой и степенью вероятности весенних и осенних заморозков.

В современной экологической и сельскохозяйственной климатологии по обеспеченности растений теплом различают четыре основных термических пояса: тропический, субтропические, умеренные и холодные.

Для оценки количества тепла, получаемого растением за весь период вегетации или его отдельный отрезок служит показатель «сумма температур» (или «сумма эффективных температур» – $(\sum t^{\circ})$) за определенное время. Для его подсчета суммируются ежедневные превышения среднесуточной температуры воздуха (t°) над определенной условной величиной (t_n°). Эта величина соответствует нижнему температурному порогу вегетации или определенной фенологической фазы (т. е. самой низкой температуре, при которой они могут начаться):

$$\sum t^{\circ} = (t^{\circ} - t_n^{\circ}) \cdot \text{число дней.}$$

Считают (Селянинов, 1958; Горышина, 1979), что пороговая температура начала весенних явлений для большинства листопадных плодовых культур умеренных широт составляет 10 °С, а для естественной растительности – только 5 °С.

В общих чертах скорость сезонного развития пропорциональна накопленной сумме температур (например, медленное развитие растений в холодную и затяжную весну или «взрывное» начало весны при сильной волне тепла). От этой общей закономерности есть ряд отступлений. В частности, слишком высокие суммы температур уже не ускоряют, а тормозят развитие.

Вполне очевидно, что более теплолюбивые породы и сорта требуют более продолжительного вегетационного периода.

Его продолжительность и температурный режим оказывают влияние не только на продуктивность плодовых культур и качество урожая. От этих факторов в значительной мере зависит устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды. Так, при недостатке тепла плодовые растения не успевают закончить свое развитие, древесина их не вызревает, в результате чего они не могут полностью пройти этапы осеннего и раннезимнего закалывания к отрицательной температуре.

У большинства плодовых пород умеренного климата нормальный рост и интенсивное проявление всех фенологических фаз (цветение, рост, завязывание плодов, их созревание) вегетации происходят при 15–30 °С. Однако наибольшая чувствительность к теплу у растений бывает во время цветения и в первые дни развития плодов. Если в этот период среднесуточная температура опускается ниже 14–15 °С, заметно уменьшается количество семян в плодах и снижается урожайность.

И. А. Коломиец (1976) установил, что в период закладки генеративных почек для яблони необходима среднесуточная температура в пределах 18–20 °С. При таких условиях не только увеличивается число цветков в почке, но и происходит закладка генеративных почек в пазухах листьев на побегах, чего не бывает при более низкой температуре.

Следовательно, у плодовых пород отмечается по крайней мере два критических периода в их отношении к теплу. Оба они связаны с развитием генеративных органов. Причем в

первом случае критический период определяется оплодотворением и развитием зародыша, а во втором связан с закладкой цветковых почек (Агафонов, 1979).

Таблица 1 - Методы измерения температуры, применяемые в экологических исследованиях (Perrier C., 1971)

Принцип и метод	Приборы	Емкость шкалы, °С	Область применения
Расширение жидкости или газа	Стеклянный термометр, термограф	От 5 до 100 От 5 до 80	Общая характеристика температурного фона в природе и лаборатории, в гомогенной среде
Расширение твердого тела	Термограф	От 5 до 80	Измерения при отсутствии облучения в гомогенной среде
Давление пара	>>	Обычно 50–80 Иногда от 10 и выше	То же
Термо-ЭДС	Термопара	Любая; оптимальные пределы 50	Точные измерения температуры в разных точках природных объектов и окружающей среды
Термосопротивление	Термометр сопротивления (металлический)	Любая; оптимальные пределы 20–30	Точные измерения температуры
	Термистор (полупроводниковый)	Любая; оптимальные пределы 20–30	То же
Люминесценция		10–40 (фосфоресценция) 10–80 (цветная люминесценция)	Измерения поверхности температуры на небольшой площади
Радиометрия		Любая	Дистанционные измерения поверхностной температуры на любой площади

Использование в экологии общеклиматических показателей ограничено тем, что они основаны на наблюдениях, проводимых в метеорологических будках на высоте 2 м. Эти стандартные условия далеко не совпадают с той реальной тепловой обстановкой, которая складывается для растений в их естественных местообитаниях. Поэтому наряду с общеклиматической характеристикой важно знать и микроклимат конкретного пространства, занятого растениями.

Как известно, они занимают зону, прилегающую к поверхности почвы, т. е. к «поверхности раздела», на которой совершается переход падающих лучей из одной среды в другую, в данном случае – из прозрачной в непрозрачную. На этой поверхности создается особый тепловой режим: днем сильное нагревание благодаря поглощению тепловых лучей, ночью – сильное охлаждение вследствие лучеиспускания. Для начала роста корней плодовых растений требуется, чтобы почва прогрелась до 4–5 °С. Причем наиболее интенсивно они растут и функционируют при температуре 7,0–20,5 °С. При повышении же температуры до 25–30 °С рост корней прекращается, а их жизненные функции тормозятся (Кудрявец, 1987).

Приземный слой воздуха, подвержен наиболее резким суточным колебаниям температур, которые в большей степени выражены над оголенной почвой.

Тепловой режим местообитания растений характеризуется на основе измерений температуры непосредственно в растительном покрове. В травянистых сообществах измерения делают внутри и на поверхности травостоя, а в плодовых насаждениях, где существует определенный вертикальный градиент температуры – в ряде точек на разных высотах.

Тепловой режим почвенной и воздушной среды является одним из определяющих факторов в обосновании размещения плодовых пород по различным сельскохозяйственным зонам. При этом важное значение имеет не только общее количество тепла, необходимого для нормального роста и развития пло-

довых растений, но и устойчивость последних к низкой отрицательной (морозоустойчивость) и высокой положительной (жароустойчивость) температуре.

Так, самые морозоустойчивые и наименее теплолюбивые породы – рябина, черемуха, яблоня сибирская, смородина, крыжовник и другие ягодные кустарники – произрастают в северной зоне, ограниченной 60–55° северной широты. Достаточно морозоустойчивые и зимостойкие породы – яблоня, вишня, слива, груша, орешник, земляника и малина – широко распространены в средней зоне между 55 и 50° северной широты. Такие теплолюбивые породы, как черешня, айва, абрикос, орех грецкий, пекан, фундук, миндаль, персик, каштан сладкий, возделывают южнее 50° северной широты (южная зона), а наиболее теплолюбивые, но не зимостойкие – фисташка, хурма, инжир, гранат, маслина, фейхоа, лимон, мандарин, апельсин и другие – в субтропических районах южной зоны (Черноморское побережье Кавказа, Южный берег Крыма и сухие субтропики Средней Азии).

Такое размещение плодовых растений по зонам следует считать условным, потому что многие ягодные породы культивируют повсеместно, а такие породы, как яблоня, вишня, слива, распространены и в средней, и в южной зонах. В пределах одной породы разные виды и сорта требуют неодинаковых условий теплового режима. Так, многие лучшие сорта яблони и груши наиболее успешно произрастают в южной зоне, хотя в целом эти породы более или менее холодостойки.

Вопрос 2. Плодовые растения и высокая температура

Избыток тепла оказывает отрицательное влияние на рост, развитие плодовых растений и их продуктивность. Температура выше 30–35 °С угнетающе действует на процессы жизнедеятельности многих плодовых культур, сложившихся в условиях умеренно теплого климата. Более высокая температура (выше 50 °С) приводит к повреждению коры дере-

ва и ожогу плодов, особенно у крупноплодных сортов яблони и груши.

Реакция плодовых культур на высокую температуру определяется их жароустойчивостью. В результате специальных экспериментов установлено, что интродуцированный сорт яблони Прима характеризуется большей физиологической стойкостью к перегреву по сравнению с сортом Флорина (при $t = 50$ °С повреждение листьев у сорта Прима – 25 %, а у сорта Флорина – 40 %).

У менее устойчивых пород и сортов жаркая погода вызывает распад белков протоплазмы, нарушает белково-липидный комплекс и субмикроскопическую структуру протопласта. Все это может привести к отмиранию не только тканей и отдельных органов, но и к гибели всего растения (Генкель, 1976).

Продолжительное воздействие избытка тепла на плодовые растения может способствовать неравномерному росту плодов и неодновременному их созреванию, ухудшает их покровную окраску, снижает вкусовые качества и уменьшает лежкость. Под влиянием высокой температуры зачастую увеличивается доуборочное опадение плодов и поражаемость сортов плодовых культур некоторыми вредителями и болезнями (Агафонов, 1979). Показано (Генкель, 1976), что даже в условиях полива может проявляться «чистый» перегрев растений. В этой связи и при капельном орошении, не оптимизирующем микроклимат сада, желательно возделывать сорта, устойчивые к жаре (Кушниренко и др., 1981).

Вопрос 3. Сезонные адаптации к перенесению холодного периода

Филогенез основных плодовых пород, возделываемых на территории нашего государства, протекал в умеренных широтах, характеризующихся определенными закономерностями в колебаниях теплового режима погоды в годичном

цикле. В этих условиях у плодовых растений наследственно закрепился соответствующий ритм роста и развития. Важным свойством этого ритма является состояние так называемого покоя, в сущности представляющего собой приспособительную реакцию растений к неблагоприятным факторам среды и в первую очередь к перезимовке.

По П. А. Генкелю и Е. З. Окниной (1969), существует три фазы покоя растений. *Органический* покой, во время которого происходят изменения нуклеинового и белкового обмена. В эту фазу покоя почки деревьев не могут прорасти. Органический покой предшествует глубокому, или они протекают одновременно. *Глубокий* покой связан с изменением направленности обмена в сторону образования липидов и жиров, а также превращением углеводов. *Вынужденный* покой характеризуется появлением отдельных плазмодесм и хехтовских нитей, а также началом разблокировки плотно упакованных полимеров протоплазмы. Начинается распад липоидных слоев, возрастает набухаемость протоплазмы, и при благоприятных условиях растение выходит из покоя.

Весной деревья готовы к вегетации, так как они прошли уже период органического, или естественного, покоя, но при запаздывании весны, т. е. если не установилась оптимальная температура воздуха, развитие почек и цветение могут задерживаться на 1–3 недели.

Если дерево или срезанные с него ветки поместить в благоприятные условия в ноябре – декабре, когда они еще находятся в глубоком покое, почки на них не тронутся в рост.

Если то же дерево или его ветки поместить в благоприятные условия в январе – феврале, они сравнительно быстро начнут раскрываться. Иными словами, растения готовы к возобновлению развития, глубокий покой окончен. Однако начало развития в природе невозможно из-за низких зимних температур, и потому эту фазу называют вынужденным покоем.

Сопоставление сроков смены глубокого и вынужденного покоя с ходом природных температур показывает, что у

большинства растений умеренных широт его первая фаза, по существу, заканчивается не весной, а в самый разгар зимы, тогда, когда обычно наступают сильные холода. Вместе с тем не следует забывать об особенностях того природного режима температур, на фоне которого складывалась смена фаз покоя. Осенний период с его неустойчивым температурным режимом, частой сменой похолоданий и потеплений опасен для растений тем, что кратковременные оттепели могут вызывать возобновление роста и развития и стать толчком к началу новой вегетации. Нетрудно представить губительные последствия таких провокаций в последующие зимние месяцы. Адаптивный смысл глубокого покоя как раз и заключается в защите против возможных осенних провокаций преждевременного начала развития. Когда наступают устойчивые холода, необходимость в глубоком покое отпадает, поскольку теперь от возобновления развития растения достаточно надежно предохраняют низкие зимние температуры. Не случайно у большинства растений умеренных широт переход от глубокого покоя к вынужденному обычно совпадает с тем временем, когда устанавливаются устойчивые низкие температуры.

Подготовка растений к состоянию покоя происходит заблаговременно. Задолго до наступления холодов начинаются пожелтение и сбрасывание листвы у деревьев и кустарников, процессы «вызревания» побегов (одревеснение, лигнификация оболочек клеток древесины). Эта заблаговременность обеспечивается природным сигналом – изменением фотопериода, т. е. осенним сокращением дня.

Однако к восприятию фотопериода определенную «поправку» вносит и температурный фактор. Получены, например, данные, показывающие, что одна и та же длина дня в теплую осень воспринимается как более длинная (как продолжение лета), а при похолоданиях – как более короткая.

Окончание состояния покоя и начало нового вегетационного периода у растений (распускание почек, цветение, рост побегов и т. д.) происходит под действием весеннего повыше-

ния температуры. Установлено, что для прерывания состояния покоя и приобретения способности к нормальному росту и развитию на протяжении вегетационного периода плодовые растения умеренных широт нуждаются в осенних пониженных температурах (около 0 °С).

Так, деревья яблони, не подвергнутые воздействию пониженной температурой, не трогаются в рост (остаются в состоянии покоя) в течение 140–200 дней. Кроме этого, у них наблюдается растянутый период цветения (от февраля до сентября) и отмечается израстание соцветий (Поплавская, Голубкова, 1961).

Недостаточное охлаждение является серьезной помехой при выращивании персика в районах с теплыми зимами (США, Австралия). Например, в годы, когда сумма часов с температурой ниже 7,2 °С за декабрь и январь не превышает 400, наблюдаются аномалии в развитии цветковых почек, в результате чего большая часть их опадает и деревья остаются без урожая (Агафонов, 1979).

В природных условиях необходимую дозу холода растение получает к началу зимы и, возможно, это является своеобразным сигналом окончания того периода, когда необходимо защитное действие глубокого покоя против преждевременных потеплений, провоцирующих развитие. По-видимому, здесь действует механизм накопления информации из внешней среды до определенной величины, после чего эта информация (доза холода) срабатывает как сигнал для перехода из состояния глубокого покоя в состояние вынужденного (Горышина, 1979).

Продолжительность периода глубокого покоя, а следовательно, и продолжительность воздействия пониженной температурой, неодинакова у плодовых культур. Обычно она связана с экологическими условиями, в которых проходило развитие той или другой плодовой породы или формы. Например, для пород и сортов восточных экотипов период пони-

женной температуры значительно короче, чем для более западных и южных экотипов. Это объясняется тем, что в восточных районах осенний период до наступления устойчивых морозов менее продолжительный. Следовательно, в таких условиях растения находятся меньший промежуток времени при пониженной температуре, чем в западных и южных районах. Эта особенность, и явилась, по-видимому, основным фактором в выработке растениями умеренных широт глубины и продолжительности покоя.

Физиологическая сущность воздействия пониженной температурой на плодовые растения, вероятно, имеет много общего с природой яровизации у зерновых культур. Очевидно, это связано прежде всего с активностью ферментной системы растения, направленность действия которой может изменяться под влиянием температуры окружающей среды. При воздействии пониженной температуры в растительном организме происходит усиление гидролитических и окислительных процессов, мобилизация и преобразование запасных веществ, накопление энергии в виде АТФ. Важным моментом является смещение в балансе регуляторной системы в сторону усиления функций стимуляторов роста (гиббереллинов, ауксинов, цитокининов) и снижения функций ингибиторов роста – абсцизовой кислоты (Агафонов, 1979).

Потребность в пониженных температурах в осенний период и в тепле в период вегетации означает, что для растений умеренных широт имеет значение не только общий уровень тепла, но и определенное распределение его во времени. Так, если в опыте растениям дать одинаковое количество тепла, но по-разному распределенное: одному теплое лето и холодную зиму, а другому соответствующую постоянную среднюю температуру, то нормальное развитие будет только в первом случае, хотя общая сумма тепла в обоих вариантах одинакова. Потребность плодовых растений умеренных широт в чередовании в течение года холодных и теплых периодов получила название **сезонного термопериодизма**.

Кроме того, для растений небезразлично и распределение температур в течение суток. Известно, например, что развитие многих культурных растений более успешно идет не на постоянном температурном фоне в течение вегетации, а при ночных понижениях температуры. Это явление, получившее название **суточного термопериодизма**, впервые было обнаружено в Нидерландах на примере культуры томатов в закрытом грунте: лучший урожай получали более беспечные хозяева, не топившие свои теплицы по ночам (Горышина, 1979).

Вопрос 4. Зимостойкость и морозоустойчивость плодовых растений

Эффективное развитие отрасли в основных промышленных районах страны часто осложняется рядом природных стресс-факторов, среди которых наиболее серьезными являются периодически повторяющиеся суровые зимы, приносящие большой вред садам и плодовым питомникам. Отмечено (Соловьева, 1988), что катастрофические зимы, когда гибель растений достигает огромных размеров, случаются раз в десять лет. Вместе с тем повреждение плодовых насаждений морозами в той или иной степени наблюдается почти ежегодно. Поэтому проблема зимостойкости плодовых культур в нашей стране имеет большое народнохозяйственное значение.

Зимостойкость – это устойчивость растений к повреждающим факторам зимнего периода.

Работами крупных отечественных и зарубежных физиологов (Максимов, 1913; Туманов, 1935, 1979; Brierly, 1947 и др.) выделено шесть повреждающих факторов: повреждения морозом, выпревание, зимнее иссушение, вымокание, выпирание и повреждения от ледяной корки. Все эти явления бывают каждую зиму. Однако повреждения садов от них случаются только в зимы, которые принято называть критическими.

Так, в Подмосковье примерно один раз в 25 лет бывает мороз – 40 °С, и эту величину здесь относят к критической (Кичина, 1999).

В обзорах литературы по зимостойкости плодовых и ягодных культур (Седов, 1973; Тюрина, 1975; Савельев, 1998 и др.) отмечено, что в европейской части России во всех зонах товарного садоводства более 98 % всех зимних повреждений плодовых растений приходится на повреждения от морозов. Представленный фактический материал убедительно показывает, что **зимостойкость плодовых растений в этой части Российской Федерации почти полностью определяется их морозоустойчивостью – биологическим свойством переносить низкие отрицательные температуры.**

Что же касается других повреждающих факторов зимнего периода, то на указанных территориях они не достигают опасного уровня. Поэтому растения вполне справляются с ними.

Например, в отдельных публикациях есть упоминание о выпревании кольца коры в нижней части штамба у сливы уссурийской, некоторых диких видов миндаля, смородины черной, отдельных видов абрикоса и вишни. Происходит это в разных зонах России, но относится только к редкостным видообразцам, а не к используемым сортам любой плодовой или ягодной культуры. Однако знать об этом следует. Выглядят эти повреждения по-разному. Много раз в Москву из Якутии и других частей Сибири привозили растения черной смородины дикуши. Практически всегда через год-два весной у растений со всей подземной части кора сползала с корней, как чулок с ноги человека. Кора при этом раслизнялась (выпревала), а корни и само растение погибали. Надземные ветки оставались живыми, их окореняли заново, и они опять через год-два таким же образом выпревали. Для этого не требовалось никаких морозов. Погибали именно подземная часть и кора у корневой шейки. При хорошем снеге в зиму 1997/98 г. почва не замерзала, и выпревшая часть куста вообще не испытывала никакого мороза. В целом же выпревание серьезной проблемы для практического плодоводства в европейской части России до сих пор не представляло.

Зимнего иссушения и такого катастрофического, как в отдельных районах Казахстана и Алтая, в европейской части России пока не было. Правда, в некоторых публикациях отмечено иссушение при небольших морозах из-за сильных ветров и неспособности корневой системы поддерживать влажность надземных органов.

Точно так же при неправильном местоположении плодового питомника могут быть выпирание и повреждения от ледяной корки в школке сеянцев и в первом поле питомника. Но садоводы знают об этом и в таких местах питомник не закладывают (Кичина, 1999).

Устойчивость плодовых растений к отрицательной температуре в значительной мере зависит от температурного и светового режимов, от количества осадков и их распределения в течение вегетационного периода. Этими факторами определяется не только общее развитие плодовых растений, но и своевременное прекращение их роста, что необходимо для «вызревания» древесины и прохождения процесса закаливания, обуславливающих их подготовку к перезимовке.

Процесс закаливания состоит из двух фаз (Туманов, 1940; 1960). Первая фаза закаливания в средней полосе протекает в первой половине осени. Решающее влияние на ее происхождение оказывают постепенное понижение температуры до низкой положительной и хорошее освещение, благоприятствующее фотосинтезу.

При снижении температуры 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). При закаливании происходят сложные изменения физиологического состояния растений: увеличивается водоудерживающая способность коллоидов, уменьшается содержание наиболее легкообмениваемой и подвижной, свободной формы воды.

При закаливании происходит также упорядочение мембранной системы клетки осуществляется структурная перестройка протопласта, способствующая повышению устойчивости к низким температурам. Согласно данным О. А. Красавцева (1972), у плодовых растений интенсивно происходит эта перестройка, характеризующая вторую фазу закаливания, при температуре минус 10–20 °С.

Медленное охлаждение (закаливание) повышает морозоустойчивость растений способствует образованию внеклеточного льда увеличивает проницаемость протоплазмы.

Оттепели уменьшают положительное влияние закалки. При благоприятном сочетании метеорологических факторов и постепенном снижении температуры осенью и зимой растения могут вновь закалиться, а при резком снижении температуры, как правило, погибают.

Способность плодовых растений приобретать высокую устойчивость к низким температурам зависит от их физиологического состояния и их генетической специфичности.

По данным М. А. Соловьевой (1976), наиболее устойчивые сорта яблони в фазе глубокого покоя повреждаются при температуре –42 °С; районированные на Украине сорта груши, сливы и вишни – при температуре минус 30–32 °С, абрикоса – минус 26–28 °С, персика – минус 24–26 °С. Эти данные позволяют определить границы культуры при сопоставлении абсолютных и критических температур гибели соответствующих деревьев.

Наиболее полно потенциальная морозоустойчивость и в целом зимостойкость проявляются в конкретных условиях среды, в которых протекало формирование породы или сорта. При выращивании плодовых растений в других условиях, не соответствующих ритму их развития, они могут в значительной мере утратить свою морозоустойчивость. Так, яблоня Антоновка обыкновенная – морозоустойчивый сорт в средней полосе, а на Кубани он повреждается возвратными морозами. Подобных примеров можно привести немало. Следовательно,

зимостойкость надо рассматривать в плане взаимодействия растительного организма с факторами окружающей среды.

В течение зимы отмечают (Brierli, 1947; Тюрина, Гоголева, 1978 и др.) четыре разных воздействия на плодовые растения низкими отрицательными температурами. В любом регионе каждое из таких воздействий имеет свои конкретные параметры, которые с некоторыми отклонениями повторяются в одной и той же местности столетиями.

Первое воздействие критическим морозом растения получают в конце осени – начале зимы. Это ранние морозы (в отдельные годы в Подмосковье до -25°C , а в Краснодаре до -23°C).

Второе воздействие низкими отрицательными температурами – это самые суровые для данного региона морозы в середине зимы (в Подмосковье – минус 40°C , в Краснодарском крае – минус 30°C). К этому виду воздействия относят только те морозы, которые бывают до длинных оттепелей. Они могут быть в декабре, январе или феврале. В эти сроки плодовые растения находятся в покое (глубоком или вынужденном) и до оттепелей имеют максимальную закалку.

Третье воздействие – это кратковременный ночной мороз в период оттепели (под Москвой до -25°C , а под Краснодаром до -15°C). И хотя этот мороз сам по себе не очень сильный, но действует он на фоне суточного перепада температур очень жестко (дневная оттепель в Москве до 2°C , а под Краснодаром – от 5°C до 10°C и выше).

Четвертый тип воздействия – возвратные морозы, которые приходят через некоторое время после оттепелей и постепенного понижения температур. Бывают они в январе, и в феврале и даже в марте. Морозы такого типа могут быть довольно сильными (в Подмосковье до -35°C , а в Краснодарском крае – до -25°C).

Четвертый тип морозов обычно проявляется в завершении зимы. Однако в отдельные годы это воздействие может быть календарно и до наступления морозов по третьему типу

или даже при отсутствии морозов во время оттепели (Еремин, 1993; Кичина, 1999).

Учитывая совокупность сложных процессов, происходящих в растении в период зимовки, а также результаты экспериментов, ученые (Тюрина, 1981; Кичина, 1993) сформулировали представление о зимостойкости, как о многокомпонентном свойстве.

По их мнению, существует четыре основных компонента зимостойкости. Каждый из них – ответная реакция растения, устойчивость к определенному типу воздействия морозом. Как доказано, первый компонент зимостойкости – устойчивость сорта (сорта-подвойной комбинации) к ранним морозам в конце осени – начале зимы. Второй же компонент – величина максимальной его морозоустойчивости, развиваемой в закаленном состоянии к середине зимы.

Третий компонент зимостойкости свидетельствует о способности сорта сохранять устойчивость к морозам во время оттепелей, а четвертый – о его высокой устойчивости к возвратным морозам, наступающим через несколько дней после оттепелей.

Устойчивость сорта (сорта-подвойной комбинации) по первому и второму компонентам зимостойкости традиционно определяют в первую очередь по подмерзанию древесины, а об устойчивости его по третьему компоненту судят по повреждениям коры и почек. Показано также (Кичина, 1993), что при действии возвратных морозов после оттепелей (четвертый компонент зимостойкости) подмерзают древесина, кора и почки.

Основные компоненты зимостойкости сорта определяются погодными и климатическими условиями ареала. Причем в районах с устойчиво-морозной зимой (Нечерноземье, Центрально-Черноземные зоны и т. д.) на первое место выходит фактор развития высокой максимальной морозоустойчивости (второй компонент зимостойкости). Не менее важна здесь и устойчивость сорта к возвратным морозам после оттепелей – четвертый компонент (Кичина, 1993).

В южных же регионах России с более мягкими зимами главенствующими являются первый, третий и четвертый компоненты зимостойкости плодовых растений.

Заметим, что наиболее чувствительны к действию возвратных морозов косточковые культуры, характеризующиеся коротким периодом покоя. Однако в южной зоне пловодства повреждается низкими отрицательными температурами такая зимостойкая порода, как яблоня. Повреждения вызываются в основном ранними морозами. Вместе с тем отмечается некоторое негативное влияние на растения в фазе вынужденного покоя и возвратных морозов. Так, в Краснодарском крае после суровой зимы 1993/94 г. сильно подмерзла надземная часть деревьев яблони, что привело к их гибели на больших площадях.

Н. А. Максимов (1913) экспериментально показал, что при воздействии мороза в начале начинает замерзать вода, пропитывающая клеточные стенки, затем лед образуется в межклеточниках.

Причинами же гибели растений является нарушение структуры протоплазмы, обусловленное совместным действием обезвоживания и механического давления льда, которое приводит к необратимому свертыванию коллоидных веществ протоплазмы и потере ею проницаемости.

У слабоморозоустойчивых растений лед образуется обычно внутри клеток, что приводит к необратимому нарушению структуры протоплазмы и гибели живых клеток (Самыгин, 1974; Красавцев, 1972).

Результаты обследований со всей очевидностью показали, что наименее устойчивы к ранним морозам затягивающие рост сорта яблони Ренет Смирненко и Ренет шампанский. В группу морозоустойчивых (по первому компоненту зимостойкости) можно отнести сорта Кальвиль снежный и Джонатан. Сорт Голден Делишес, по нашим данным, является относительно устойчивым к действию неблагоприятного фактора в конце осени.

Вместе с тем сорт яблони Ренет Симиренко превосходит Кальвиль снежный по устойчивости к возвратным морозам (по четвертому компоненту зимостойкости).

Следовательно, даже в южных регионах перед закладкой садов целесообразно подбирать лучшие для любой породы привойно-подвойные комбинации, устойчивые к неблагоприятным условиям перезимовки.

Вопрос 5. Повреждения плодовых растений низкими отрицательными температурами

Особенности подмерзания надземной части у плодовых деревьев. В основном наблюдаются два вида поврежденной плодовых деревьев низкой отрицательной температурой: подмерзание обрастающих ветвей (периферии кроны), а также штамба и основания скелетных ветвей. Наиболее губительное из них – подмерзание штамба и скелетных ветвей.

Подмерзание обрастающих ветвей встречается наиболее часто. Можно считать, что в той или иной мере они повреждаются морозами практически ежегодно. Чаще всего эти повреждения затрагивают ткани древесины, реже ткани коры и гораздо реже клетки камбия. Подмерзшие клетки и ткани обычно приобретают бурую или коричневую окраску и хорошо заметны на поперечных и продольных срезах.

При слабом подмерзании обрастающих ветвей, когда остаются живые клетки коры, камбия и почти не нарушается проводящая система, плодовые деревья быстро восстанавливают поврежденные ткани и практически не страдают после перезимовки. Однако в суровые зимы повреждения бывают значительными, что приводит к усыханию, прежде всего, старых плодоносных ветвей (плодух) и других обрастающих веток. Нередко после сильного подмерзания ветви остаются живыми, но рост и развитие их в последующие годы бывают значительно ослабленными. Часто такие ветви отмирают на 2–3-й год после подмерзания. Обычно это связано с поврежде-

нием (закупоркой) проводящей системы камедообразными веществами.

Морозы вызывают повреждения и гибель почек. Основными причинами их повреждения являются:

- вступление в зиму в «невызревшем» состоянии;
- почки «вызревают», но зимние температуры снижаются до более низкого уровня, чем способны перенести ткани;
- температура начала зимы и весны неустойчива и отличается чередованием тепла и холода (Кушниренко, 1984).

У косточковых чаще на обрастающих ветвях кроны подмерзают цветковые почки.

С целью определения состояния цветковых почек зимой на 3–5 деревьях каждого сорта косточковых пород отбирают по 3–5 штук 3–4-летних ветвей, примерно по 100 почек с разных частей дерева (верхней, средней и нижней) и по 20–30 почек у семечковых. У яблони и груши почки анализируют на кольчатках, а у косточковых – на букетных веточках и приростах прошлого года.

Учет проводят на поперечных срезах почек (срезы делают острым садовым ножом или лезвием бритвы). У поврежденных почек косточковых пород центральная часть (зачатки цветков) темно-коричневая, почти черная, у здоровых – светло-зеленая. У груши здоровые почки белые, покрытые светло-желтыми волосками, погибшие – черные, у яблони – соответственно светло-зеленые и коричневые (Соловьева, 1988).

Повреждения штамба и основания скелетных ветвей бывают в основном двух видов. В одном случае эти части дерева подмерзают в начале и середине зимы, а в другом повреждение отмечается ранней весной и в плодородстве называются солнечными ожогами. При этом повреждения затрагивают ткани коры и камбия и приводят к омертвлению значительных участков штамба, скелетных ветвей или же к усыханию всего дерева по уровень снегового покрова. Нередко после таких повреждений у плодовых деревьев отмирают отдельные скелетные ветви.

Подмерзание в начале и середине зимы связано главным образом с плохим вызреванием тканей. Исследования М. А. Соловьевой (1967) показывают, что активная деятельность клеток камбия у основания скелетных ветвей, особенно в развилках, заканчивается позже по сравнению с другими частями дерева. В результате эти части дерева не успевают в полной мере пройти процесс закаливания и не приобретают высокой морозостойкости. То же самое можно отнести и к тканям нижней части штамба и зоны корневой шейки. Отмеченные повреждения чаще всего затрагивают молодые плодовые деревья.

Нередко повреждения оснований скелетных ветвей и штамба проявляются в виде морозобоин, представляющих собой глубокие трещины (разрывы коры и древесины), достигающие иногда до центра дерева (рисунки 7, 8). Такие повреждения чаще всего бывают при сильных морозах, особенно при резких колебаниях температуры днем и ночью. Очевидно, растрескивание древесины и коры является следствием интенсивного образования большого количества кристаллического льда в тканях дерева.



Рисунок 7 – Разламывание ветвей вишни, поврежденных морозом (Соловьева, 1988)

Причина этих повреждений, по-видимому, также кроется в факторах, препятствующих прохождению плодовыми деревьями процесса закаливания. Чаще всего их связывают с затяжным характером ростовых процессов.

Ожоги штамба и основания скелетных ветвей наиболее часто встречаются в континентальных районах. При легких повреждениях погибают только наружные ткани коры, при более тяжелых отмирают целиком вся кора, камбий и внешние слои древесины. Ожоги проявляются в виде омертвевших участков с южной и юго-западной сторон дерева, иногда захватывающих более половины ствола по окружности (рисунок 9).



Рисунок 8 – Морозобоина на стволе вишни (Соловьева, 1988)



Рисунок 9 – Солнечный ожог дерева яблони (Соловьева, 1988)

Солнечные ожоги вызываются резкими колебаниями температуры днем и ночью, часто наблюдаемыми в конце зимы и начале весны. В ясную солнечную погоду температура коры крупных ветвей и штамба с южной стороны может подниматься до 15–20 °С. После захода солнца температура резко падает и может понижаться ночью до –20 °С. В результате перепад температуры в течение суток достигает 40 °С и более (Агафонов, 1979).

Причину солнечных ожогов чаще всего видят в том, что под влиянием нагрева происходит локализованный выход тканей коры и камбия из состояния покоя. В результате этого они утрачивают морозостойкое состояние и повреждаются при значительном понижении температуры ночью (Соловьева, 1967). Проведенные исследования дают основание полагать, что эти повреждения могут вызываться и иссушением тканей, происходящим в результате испарения и перераспределения воды из-за градиента температуры на разных участках крупных ветвей (Константинов, Шкреба, 1971).

Для установления степени и характера повреждения надземной части отбирают по 20–25 деревьев каждого из основных районированных сортов, имеющих в насаждении пород.

В зависимости от породы интенсивность окраски поврежденных тканей бывает разной: от светло- до темно-коричневой; у косточковых и груши она более темная, у яблони – более светлая.

Степень повреждения определяется интенсивностью побурения и размером поврежденной ткани по шестибальной шкале со следующими значениями баллов, процент от общей площади анализируемой ткани: 0 – нет повреждений; 1 – 5–10; 2 – 25; 3 – 40–50; 4 – до 75; 5 баллов – полное повреждение ткани (Соловьева, 1988).

Особенности подмерзания корневой системы. По сравнению с надземной частью дерева корни обладают значительно меньшей морозоустойчивостью. Так, при благоприятных условиях закаливания ветви плодовых пород, произрастающих в средней полосе, могут переносить морозы до минус 35–40 °С, а корни, как правило, выдерживают не более минус 15–16 °С. Однако при соответствующих условиях закаливания корни приобретают такую же устойчивость к отрицательной температуре, как и надземная система дерева (Туманов, Хвалин, 1967).

Корневая система повреждается морозами значительно реже, чем надземная часть дерева. Наиболее существенные под-

мерзания наблюдаются в суровые и малоснежные зимы, особенно в первую половину зимы, когда корни еще не прошли в полной мере вторую фазу закалывания. При этом более заметные повреждения отмечаются после сухой второй половины лета и осени. Однако причины этого еще не установлены.

Повреждения корней морозами бывают разные. В одних случаях подмерзают ткани древесины, а клетки коры и камбия остаются живыми. Как правило, после таких повреждений корни восстанавливаются. Однако в зависимости от степени подмерзания дерево может в той или иной мере страдать. Проявляется это в более позднем распускании почек, ослаблении ростовых процессов, осыпанию цветков и завязей.

Наиболее опасны повреждения, затрагивающие клетки коры и камбия. В этом случае омертвевшие участки коры отстают от древесины, корни оголяются и отмирают. После значительного подмерзания корневая система, как правило, не восстанавливается, и дерево в первый же год после суровой зимы погибает (Агафонов, 1979).

Для установления степени и характера подмерзания деревьев (надземной части и корневой системы) необходимо проводить учет их повреждения после морозов с критическими значениями температур для каждой плодовой культуры, затем после распускания почек и в конце первой половины вегетационного периода (Соловьева, 1988).

Вопрос 6. Пути повышения морозоустойчивости плодовых растений

Изучение механизма морозоустойчивости открывает возможности направленного воздействия на растения с целью регулирования генотипического проявления этого свойства. Морозоустойчивость растений определяется, прежде всего, наследственно-биологическими особенностями. Поэтому в решении проблемы зимостойкости в растениеводстве главное внимание следует уделять как подбору соответствующих

сортов, имеющих в производстве, так и созданию новых форм, более устойчивых к неблагоприятным факторам зимнего периода (Агафонов, 1979).

В проявлении зимостойкости плодовых растений значительную роль играют подвои. В связи с этим целенаправленно осуществляя их подбор, можно эффективно влиять на стабилизацию плодоношения садов в различных ландшафтах. В частности, по нашим данным, использование карликового подвоя яблони М9 сопряжено с повышением устойчивости привоя к ранним морозам (первого компонента зимостойкости). Вместе с тем применение более рослых подвоев этой породы (например, среднерослого ММ 106) позволяет усилить способность растений противостоять действию возвратных морозов через некоторое время после оттепелей (четвертый компонент зимостойкости) (Дорошенко, 2000).

В плодоводстве большое внимание уделяют повышению морозоустойчивости клоновых подвоев. Об этом, в частности, свидетельствуют значительные успехи в создании зимостойких подвоев для яблони (например, парадизка Будаговского) (Van Laer, 1989).

В зимостойкости косточковых пород важное значение имеет корнесобственная культура. Корнесобственные растения способны довольно быстро восстанавливаться после подмерзания за счет формирования придаточных почек, и затем отрастания корневой поросли.

Опыт показывает, что прививка слабозимостойких сортов на штамб или в крону зимостойкого скелетообразователя может повысить их устойчивость к повреждающему действию отрицательной температуры (Агафонов, 1979).

Значительное влияние на термический режим в целом оказывает рельеф местности, в немалой степени определяющий характер зимних повреждений плодовых растений. Этот факт следует принимать во внимание при выборе места под сад. Кроме того, при закладке сада необходимо осуществлять подбор привойно-подвойных комбинаций, у которых ритм

роста и развития соответствует ритму погодных изменений в течение года в данном районе (Куренной, Колтунов, Черепанин, 1985).

Показано, что проявление наследственных признаков, обуславливающих потенциальную устойчивость растительного организма к низкой отрицательной температуре, в значительной мере зависит и от особенностей агротехники. Содержание почвы в междурядьях сада, система удобрений, орошение, обрезка, регулирование плодоношения, исключающее перегрузку деревьев урожаем, оказывают существенное влияние на морозоустойчивость. Подтверждено влияние калия на повышение устойчивости плодовых деревьев к морозам (Соловьева, Оканенко, 1968). В настоящее время большое внимание уделяют также изучению роли микроэлементов, особенно бора в повышении морозоустойчивости растений.

Вопрос 7. Заморозки и плодовые растения

Одной из причин, нарушающих стабильность плодоношения растений, является повреждение их заморозками*. При этом уровень потерь урожая у яблони и косточковых пород может достигать 100 %. У смородины потери урожая от заморозков колеблются от 15 до 85 % с вероятностью в 40–50 % лет. У земляники же они минимальны и в среднем составляют 8 % (Кашин, 1998).

Уместно отметить, что заморозки бывают радиационные, адвективные и смешанные. *Радиационные* – возникают в результате местного ночного выхолаживания, обусловленного излучением тепла, накопленного почвой и растениями, в пространство. Они наблюдаются в безветренные ночи при отсутствии облачности, часто повторяются, хотя и бывают кратковременны.

Адвективные заморозки возникают в результате вторжения холодных масс воздуха из северных областей. Захватыва-

* Заморозками принято называть понижение температуры воздуха ниже 0° С, когда среднесуточная находится выше 0° С.

ют обширные территории и держатся сравнительно долго. Они более вредоносны, чем радиационные. Наиболее опасными для плодовых растений являются *смешанные* адвективно-радиационные заморозки.

В различных районах промышленного садоводства заморозки обычно отмечаются в апреле-мае, иногда в начале июня, а также в сентябре и октябре. Особенно опасными являются поздневесенние заморозки, при которых повреждаются цветки и завязи плодовых и ягодных культур. Причем на степень их повреждения оказывают влияние и температура и продолжительность заморозка.

Критические температуры для плодовых пород при весенних заморозках колеблются в значительных пределах и зависят в основном от фазы развития растений и генотипической специфичности сорта, породы.

По наблюдениям Д. Ф. Проценко (1958), распускающиеся цветковые почки яблони гибнут при четырехчасовом воздействии температуры минус 8 °С, бутоны – при минус 4–6, цветки – при минус 3–4 °С. Раскрывающиеся цветки персика и абрикоса переносят более низкие температуры, чем цветки яблони.

По данным У. Х. Чендлера (1960), степень устойчивости цветков зависит от погодных условий во время их распускания. Если цветки плодовых растений раскрываются в холодную погоду, то для них критическая температура обычно ниже, чем для распустившихся при высокой температуре. Так, при медленном раскрытии в холодную погоду цветки яблони гибнут при температуре минус 3,9 °С, а цветки персика и некоторых сортов сливы – при температуре минус 5–6 °С. Однако цветки персика и абрикоса чаще подвержены опасности повреждения во время весенних заморозков в связи с более ранним цветением. Уэст и Эдлефстон обобщили данные некоторых американских исследователей о критических температурах гибели распускающихся почек (Метлицкий З. А., 1956), цветков и завязавшихся плодов у различных плодовых пород (таблица 2).

Эти данные свидетельствуют о том, что наиболее чувствительны к заморозкам завязи в начале своего развития. Цветки большинства плодовых пород повреждаются во время заморозка при температуре $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а завязавшиеся плоды – при температуре $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Соловьева, 1988).

Таблица 2 – Критические температуры гибели бутонов, цветков и завязавшихся плодов, $^{\circ}\text{C}$ (по З. А. Метлицкому)

Порода	Бутоны	Цветки	Завязавшиеся плоды
Яблоня	$-2,75-3,85$	$-1,65-2,20$	$-1,10-2,20$
Груша	$-1,65-3,85$	$-1,65-2,20$	$-1,10-2,20$
Слива	$-1,10-5,50$	$-0,50-2,20$	$-0,50-2,20$
Черешня	$-1,65-5,50$	$-1,10-2,20$	$-1,10-2,20$
Абрикос	$-1,10-5,50$	$-0,50-2,75$	$-0,0-2,20$
Персик	$-1,65-6,60$	$-1,10-3,85$	$-1,10-2,75$

Наиболее чувствительны к заморозку пестики и семяпочки. В связи с этим по внешнему виду иногда бывает трудно определить поврежденные цветки, поскольку лепестки и тычинки не подмерзают и сохраняют нормальный вид даже после значительных заморозков. Однако при внимательном наблюдении можно заметить поврежденные органы: пестик имеет побуревший вид, а на разрезе завязи видны потемневшие семяпочки, в результате чего в таких цветках не происходит оплодотворение, и они отмирают. У пород и сортов плодовых культур, склонных к партенокарпии, после заморозков возможно развитие бессемянных плодов (Агафонов, 1979).

При сильном повреждении молодых завязей плоды яблони бывают мелкие и имеют не свойственную данному сорту форму. Наружные ткани плода повреждаются. Повреждение имеет вид отдельных локализованных пятен или широкой полосы, опоясывающей весь плод. По мере дальнейшего развития плода происходит опробковение поврежденных заморозком клеток эпидермиса и паренхимных клеток мякоти. Плод увеличивается выше и ниже кольцевой полосы опробковевшей ткани, как бы вдавленной внутрь плода.

У сильно поврежденных плодов поверхностные клетки покрываются пробковой тканью с продольными трещинами, плоды становятся совершенно непригодными для употребления.

Процент и степень повреждения молодых плодов во время весенних заморозков у различных сортов яблони и груши неодинаковы. Слабее повреждаются плоды яблони сортов Пепин лондонский, Бойкен, Ренет ландсбергский и Пепин шафранный. У этих сортов повреждаются в основном отдельные поверхностные ткани плодов у чашечки; деформированных плодов, а также с поврежденной всей поверхностью обычно не наблюдается. Сильно повреждаются плоды яблони Пепинка литовская. Из сортов груши меньше всего повреждаются заморозком Бере Лигеля, сильно – Лимонка и Любимица Клаппа. Такую разницу в степени повреждения отдельных сортов яблони и груши можно объяснить различной степенью развития завязей ко времени наступления заморозка.

У косточковых пород завязавшиеся плоды отличаются слабой устойчивостью к низким температурам: они начинают повреждаться при температуре около $-1,1^{\circ}\text{C}$. Во время заморозка у них прежде всего погибают семена. Плоды с погибшими семенами вскоре после заморозка опадают.

Спелые плоды осенне-зимних сортов яблони, груши и поздних сортов сливы, кроме весенних, повреждаются ранне-осенними октябрьскими заморозками. Однако степень повреждения спелых плодов разных пород осенью неодинакова. Наименее устойчивы из широко распространенных сортов яблони плоды Мекинтоша, а к наиболее устойчивым относятся плоды Джонатана.

При температуре -4°C спелые плоды яблони осенью не повреждаются; при трехчасовом воздействии температурой -6°C в слабой степени повреждаются в основном плоды сорта Мекинтош. Заметные повреждения плодов происходят при 24-часовом охлаждении до -6°C . Плоды сорта Джонатан повреждаются при температуре -8°C . Примечательно, что пло-

ды груши осенью повреждаются при таких же температурах, как и плоды яблони.

У поврежденных плодов в результате нарушений структуры и функции клеток изменяется водоудерживающая способность, усиливаются окислительные процессы. Изменяется окраска плода: вначале буреют отдельные участки поверхностных тканей, а затем внутренние ткани. При слабом повреждении появляются коричневые пятна или отдельные буроватые жилки вдоль кожицы и у семенных камер; при сильном – мякоть становится мягкой, водянистой, коричнево-бурой, на поверхности плода интенсивно развиваются плесневые грибы, в результате они становятся непригодными к употреблению (Соловьева, 1985).

Большие убытки, причиняемые заморозками, делают очень важным и необходимым правильное и своевременное прогнозирование их наступления. После получения прогноза специалисты организуют наблюдения в соответствующих частях насаждения за ходом температуры, чтобы своевременно начать борьбу с заморозками.

Способы борьбы с заморозками могут быть разделены на две группы: пофилактические, или косвенные, и прямые, или собственно защита растений во время заморозков. К профилактической группе (самой радикальной, экономичной и действующей в течение всей жизни сада) относятся подбор пород, сортов и выбор местоположений, обеспеченных воздушным дренажем. Этот способ применяют во время проектирования и закладки сада. Снизить опасность повреждений растений заморозками можно смещением фазы цветения на более поздний срок (при использовании ранневесенних поливов, летней обрезки деревьев абрикоса и т. д.).

Важное значение имеют и прямые способы борьбы с заморозками, в частности применение надкroнового дождевания до начала замерзания цветков (Куренной, Колтунов, Черепяхин, 1985).