

А. Н. Юрин, С. П. Кострома, В. В. Викторovich

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

ОБЗОР И АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ОТ ВЕСЕННИХ ЗАМОРОЗКОВ

Аннотация. Приведен анализ известных способов защиты плодовых насаждений от весенних заморозков, а также описана эффективность их применения в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: весенние заморозки, генеративные органы деревьев, температура, влажность почвы, полив, перемешивание воздуха, обогрев.

A. N. Yurin, S. P. Kostroma, V. V. Viktorovich

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

REVIEW AND ANALYSIS OF KNOWN METHODS FOR PROTECTING FRUIT TREES FROM SPRING FROST

Abstract. This article provides an analysis of the known methods of protecting fruit plantations from spring frosts, as well as the effectiveness of their application in the soil and climatic conditions of the Republic of Belarus.

Keywords: spring frosts, generative organs of trees, temperature, soil moisture, watering, air mixing, heating.

Введение

В конце зимы и весной у плодовых деревьев заканчивается период покоя, начинают развиваться листья, цветки, образуется завязь плодов. Одновременно повышается чувствительность к низким температурам. Даже морозостойкие сорта, которые выдерживают сорокоградусные морозы, во время цветения чувствительны к легким заморозкам весной.

Весна в Беларуси характеризуется очень изменчивой погодой. Довольно часто случаются заморозки (временное понижение температуры ниже 0 °С на поверхности почвы и в воздухе на фоне положительных средних суточных температур). Особенностью весенних заморозков является их локализация. В зависимости от механизма процесса различают следующие типы заморозков: адвективные, радиационные и адвективно-радиационные (комбинированные) [1].

Адвективные заморозки являются результатом перемещения воздуха в горизонтальном направлении и наблюдаются с приходом холодного арктического воздуха, и вызывают понижение температуры воздуха от поверхности земли до больших высот. Такие заморозки характерны для второй половины мая. Заморозки могут длиться 3–4 суток, охватывая большие территории, и мало зависят от местных условий.

Радиационные заморозки характерны для ночного времени суток [1]. Они обусловлены интенсивным охлаждением поверхности в результате излучения в ясные безветренные ночи при невысоких средних суточных температурах. В приземном слое образуется инверсия температур: на высоте 2 м она выше на 2,5–4,5 °С, чем у поверхности земли. Разница тем больше, чем выше континентальность климата. В лесу при этих заморозках температура на 2–3 °С градуса выше, чем на полях. Понижение температуры воздуха будет тем больше, чем меньше он насыщен водяным паром. При достижении точки росы начинается конденсация водяного пара с высвобождением скрытой теплоты парообразования и дальнейшее снижение температуры существенно замедляется.

Наиболее опасными для садовых насаждений являются *комбинированные заморозки*, сочетающие в себе особенности радиационных проявлений и процессов адвекции [1]. Комбинированные заморозки происходят при вторжении холодного воздуха и дальнейшего ночного охлаждения поверхности при ясном небе. Наблюдаются в конце весны – начале лета, совпадая с периодом вегетации. Продолжительность их составляет 3–4 ч в конце ночи и может увеличиваться в зависимости от рельефа. В низинах происходят застои и приток холодного воздуха, поэтому температура опускается ниже, чем на равнинах, и сохраняется дольше. Возможно развитие заморозков, которые обусловлены перечисленными причинами, но при общей положительной температуре воздуха. То есть они проявляются незаметно, снижение температуры до 0 °С и ниже наблюдается на поверхности растений и связано с дополнительным охлаждением при транспирации и длинноволновом излучении растениями.

В Республике Беларусь «возвратные» заморозки часто наблюдаются в последних числах мая, а иногда и в начале июня [2]. Даже несмотря на незначительное снижение температурного фона, длящееся более 4 ч, заморозки всегда представляют очень серьезную угрозу для садовых деревьев и кустарников.

Обычно, чем раньше установилась теплая погода, тем выше становится вероятность появления поздних заморозков. Самыми опасными являются заморозки, когда дневная температура уже установилась на уровне 5–10 °С. Бутоны яблони выдерживают заморозки при температуре –2,7...–3,8 °С, груши – –1,6...–3,8 °С, сливы – –1,1...5,5 °С [2]. Критические температуры воздуха для плодовых деревьев указаны в таблице.

Критические температуры воздуха для плодовых деревьев, °С

Культура	Крона	Корни	Ростовые почки	Цветочные почки	Бутоны	Цветки	Завязи
Яблоня	–35	–10	–40	–35	–3,8	–2,0	–1,8
Груша	–25	–8	–30	–25	–3,8	–2,0	–1,2
Вишня	–35	–10	–40	–35	–2,0	–2,0	–1,2
Слива	–30	–8	–25	–25	–4,0	–2,0	–1,2

Распустившиеся цветки еще уязвимее. На большинстве плодовых растений уже при температуре –2 °С цветки получают практически необратимые повреждения, а завязи плодов могут погибнуть уже при температуре –1 °С.

Теплолюбивые садовые деревья (вишня, слива) в период заморозков с критичными показателями температур получают непоправимые повреждения и гибнут. Если после повреждения от заморозков цветы и завязи не осыпались, то в дальнейшем из них образуются деформированные и некачественные плоды, а урожайность будет значительно снижена. Повреждения от заморозков цветков в фазе бутонов уже распустившихся цветков и завязей плодов зависят от местоположения сада и вегетационных особенностей деревьев.

Максимальный вред от заморозков получают вишневые, сливовые и грушевые сады. Яблони зацветают на несколько дней позже и страдают от воздействия весенних заморозков значительно меньше. Размещение садовых насаждений вблизи любых крупных водоемов и на рельефных возвышенностях снижает пагубное воздействие отрицательных температур на плодовые деревья [3–5].

Заморозки могут повредить и цветочные почки, листья, завязи плодов и даже побеги (рис. 1). Когда повреждение происходит в фазу розового бутона, то оно незаметно. Наиболее опасного повреждения не будет.

Повреждение рыльца и столбика может произойти, если заморозки наступили уже после опыления цветка. Поврежденные морозом листья становятся гофрированными. А если мороз длительный, то они чернеют и опадают.

Негативным фактором при заморозках является отрицательная температура, наступившая после воздействия на растения положительной температуры, поэтому основное решение задачи защиты садов заключается в сглаживании резких колебаний температуры воздуха или укрытии



Рис. 1. Повреждения генеративных органов плодовых деревьев весенними заморозками:
a – бутонов; *б* – цветов; *в* – завязей

самих растений. С физиологической точки зрения замораживание не обязательно влечет за собой полную гибель протоплазмы и может вызывать лишь повреждения ее внутреннего строения. При медленном оттаивании такой ткани жизнедеятельность протоплазмы восстанавливается, быстрое оттаивание поврежденной протоплазмы способствует ее полному разрушению. Таким образом, гибель растительных тканей часто происходит не только из-за действия ночных заморозков, но и от быстрого оттаивания под лучами солнца, что следует учитывать при проведении защитных мероприятий [4].

Для уменьшения негативного воздействия заморозков разработано несколько методов, позволяющих минимизировать гибель растений и снижение урожайности.

Цель работы – оценить известные методы защиты растений от заморозков и выбрать наиболее применяемые для условий Республики Беларусь.

Основная часть

Способы борьбы с заморозками делятся на две группы: профилактические и прямые. К профилактическим способам борьбы относятся подбор пород сортов и рациональное их размещение со строгим учетом микроклимата (в условиях пересеченного рельефа), побелка деревьев и применение ингибиторов роста [4, 5].

Побелка деревьев вследствие отражения прямой солнечной радиации и уменьшения нагрева задерживает начало цветения и продлевает его на несколько дней. Благодаря этому дерево может не попасть под ранний весенний заморозок. Этот способ задержки начала цветения является лучшим, чем рекомендованный ранее, заключающийся в накоплении под деревом снега. Снег, специально сохраняемый под деревом, задерживает активную жизнедеятельность корней, которые не компенсируют потерю воды вегетирующей надземной частью. В результате растение, хотя и зацветает позже, но сильно обезвоживается и ослабляется.

Химические вещества также способны защитить плодовые культуры от заморозков. Так, существуют химические соединения – ингибиторы роста, позволяющие регулировать покой и повышать морозостойкость деревьев. Были получены положительные результаты при обработке деревьев абсцизовой кислотой, ауксинами, гиббереллином, этефоном для удлинения периода покоя, задержки цветения и увеличения устойчивости цветковых почек.

К прямым способам защиты плодовых деревьев относят: перемешивание воздуха; дымление; дождевание; укрытие; обогрев.

Защита от заморозков путем *перемешивания* воздуха заключается в смешивании более теплых верхних слоев воздуха с холодным приземным слоем при помощи вентилятора. Дальность действия вентилятора мощностью 25 л. с. достигает 100 м. Более слабые модели (на 12,5–15,0 л. с.) обеспечивают 100%-ую защиту только в радиусе 55–60 м [6].

Подобные установки выпускает финляндская фирма Tow and Blow (рис. 2). Дальность действия вентилятора с мотором мощностью 23,7 л. с. достигает 100 м, скорость потока воздуха – 23 м/с. Расход дизельного топлива составляет 5 л/ч [7].



Рис. 2. Установка для перемешивания воздуха в саду (фирма Tow and Blow, Финляндия)

Также существуют навесные вентиляторы американской фирмы Brown Welding Corp [6]. Недостатком данных вентиляторов является то, что их можно использовать только для предотвращения повреждений плодовых культур при снижении температуры до -3°C . Так как этот способ защиты может обеспечить повышение температуры максимум на $2 - 2,5^{\circ}\text{C}$, то он эффективен только при радиационных (местных) заморозках.

Наиболее распространенный метод защиты плодовых деревьев от заморозков – *дымление* [4, 5]. Одним из его важных достоинств является возможность покрывать дымом большие площади с защищаемыми насаждениями. Образовавшаяся дымовая завеса уменьшает тепловое излучение земли и обеспечивает конденсацию воздушной влаги на частичках дыма. Кроме того, происходит обогрев воздуха за счет выделившейся теплоты при сгорании дымовой смеси. В то же время дымовая завеса в утренние часы, закрывая растения от прямых солнечных лучей, способствует более медленному и равномерному оттаиванию тканей плодовых деревьев, если они подмерзли, и уменьшению степени повреждения.

Дымовая завеса образуется вследствие температурной инверсии в приземном слое атмосферы. При безветрии в ясную ночь нижний слой воздуха сильно выхолаживается и разность температур у поверхности почвы и на высоте 8–10 м может достигать $8-11^{\circ}\text{C}$. Дым, охлаждаясь в нижнем слое воздуха, быстро теряет подъемную силу и внутри слоя инверсии начинает растекаться в горизонтальном направлении.

Для обогрева на участке площадью более 600 м^2 надо разжечь полтора десятка костров и поддерживать их в течение всего периода минусовой температуры.

Чтобы задымить весь сад, между деревьями устраивают дымовые кучи диаметром до 1,5 м и высотой до 80 см. В самый низ кладут сухой материал (ветки, навоз, солому, опилки), а сверху набрасывают сырую траву или землю. Дымление начинают, пока температура не упала ниже нуля, а заканчивают через 1–2 ч после восхода солнца. В результате цветущие растения могут выдерживать заморозки до -4°C .

Также можно применять специальные дымовые шашки. Для перемещения источника дыма и оперативного реагирования на изменения ветра можно использовать автотранспорт, складывая дымовые шашки в кузове и передвигаясь в определенных направлениях с нужной скоростью. Трактор, снабженный устройством для установки дымовой завесы, может двигаться в рядах сада. При этом защитный эффект усиливается вследствие перемешивания слоев воздуха движущейся машиной.

Если ткани растений подмерзли, их оттаивание под дымовой завесой происходит более медленно и равномерно. При утреннем дымлении стоит задача не поднять температуру воздуха вокруг защищаемых растений, а ослабить солнечную радиацию. Если же дымовая завеса в это время будет слишком густой, то вместо ослабления нагрева растений искусственно продолжится вредное ночное понижение температуры воздуха.

В слабоветренную погоду при безоблачном небе для снижения излучения земли на 30–40 % ночью необходимо одновременно сжигать 50 шашек на 1 га. При утреннем дымлении сжигают до 5 шашек на 1 га. Дымление вредно с экологической точки зрения. Продукты горения загрязняют окружающую среду, осаждаются на поверхности растений. Людям, работающим в дыму, следует пользоваться индивидуальными средствами противодымной защиты.

Также следует отметить, что способы дымления могут давать эффект только на ровном месте, при отсутствии подтока холодного воздуха со стороны и при слабом ветре (1–2 м/с).

Для борьбы с заморозками также применяют *дождевание*. При заморозках дождевание повышает температуру точки росы, способствует увеличению теплопроводности почвы и притоку тепла из более глубоких слоев к поверхности, что может повысить температуру в холодные ночи на 2 °С [4, 5]. Различают два типа дождевания: предзаморозковое (за несколько часов до заморозка) и противозаморозковое (непосредственно в период отрицательных, но не критических температур).

Предзаморозковое дождевание защищает в основном низкорослые деревья при заморозках до –2 °С и ветре 1,5–2,0 м/с, а при штиле – до –4 °С [4, 5].

Его воздействие основано на том, что плотная и влажная почва имеет хорошую теплопроводность, так как в ней между частицами земли находится не воздух, а вода, которая обладает большей теплопроводностью, и чтобы ее охладить, нужно значительно понизить температуру. Приток тепла к поверхности почвы из более глубоких слоев происходит быстро, и за счет ночного излучения охлаждается слабее. Поэтому на плотной и политой почве заморозок менее вероятен и менее опасен, чем на рыхлой и сухой. Повышенная влажность воздуха над политыми участками также препятствует потерям тепла от почвы и растений на излучение. В период заморозка под влиянием тепла, выделяющегося при охлаждении почвы и под влиянием скрытой теплоты парообразования над политыми участками, происходит повышение температуры воздуха, позволяющее избежать или снизить вредоносное воздействие отрицательной температуры.

Противозаморозковое дождевание основано на использовании тепла, выделяемого при образовании льда во время замерзания воды. Дождевание, начатое сразу после снижения температуры до 0 °С, нужно непрерывно продолжать, пока температура воздуха не повысится. При прекращении дождевания больше чем на 1 мин температура растения снижается до предела, за которым следуют замерзание и гибель тканей. Поэтому короткого дождевания для защиты от заморозков не достаточно. Минимальное количество искусственного дождя при температуре ниже –5 °С должно составлять 3,0–3,5 мм/ч, что соответствует 30–35 м³ воды на 1 га/ч. При дальнейшем снижении температуры расход воды соответственно возрастает, поэтому запасов воды должно быть в достаточном количестве из расчета на несколько дней непрерывного дождевания, так как морозные ночи могут следовать одна за другой. С хорошо смонтированной дождевальной установкой можно защитить цветки от замерзания при температуре –5...–7 °С. Хотя эффективность защиты от заморозков и высокая, приобретение таких дождевальных систем очень сильно повышает себестоимость продукции. Поэтому данный способ получил ограниченное использование [3].

Укрытие плодовых деревьев позволяет защитить их от зимних повреждений, дождя, града, создать благоприятный микроклимат. Часто используемые легкие сооружения с покрытием из

полиэтиленовой или пропиленовой пленки тоже могут уберечь от кратковременного снижения температуры. Спанбонт также пригоден для защиты от заморозков. При сильном снижении температуры эффективность таких укрытий падает, причем из-за излучения тепла стенками укрытий температура воздуха под укрытием может стать ниже, чем вне укрытия. Укрытие пеной может также уберечь растения. Для этого в состав воды, применяемой для опрыскивания деревьев, вводят специальные пенообразующие полимерные криопротекторы.

Обогрев плантаций заключается в использовании различного типа горелок с жидким или твердым топливом для нагревания воздуха при заморозках радиационного типа в безветренную погоду.

Бельгийская фирма Agrofrost выпускает установку Frostbuster F501 (рис. 3), которая представляет собой прицепную машину. Вентилятор приводится в действие валом отбора мощности трактора. Газовая горелка нагревает воздух до температуры 80–85 °С. Горячий воздух распространяется между деревьями через две выходные трубы (одна слева и одна справа). Общая площадь поверхности, которую можно защитить, зависит от формы и размера участка и максимально составляет от 8 до 10 га.



Рис. 3. Установка Frostbuster F501 (фирма Agrofrost, Бельгия)

Установка Frostbuster F501 имеет следующие технические характеристики [8]:

Масса без учета газовых баллонов, кг	1680
Максимальная производительность, га	8–10
Среднее потребление газа, кг/ч.	35
Минимальная необходимая мощность трактора, л. с.	65

На основании проведенного обзора и анализа известных способов и средств защиты плодовых деревьев от весенних заморозков можно сделать вывод, что наибольшим преимуществом обладает способ борьбы с заморозками при помощи обогрева газовыми горелками с использованием вентилятора.

Выводы

1. Анализ способов защиты плодовых деревьев от весенних заморозков показывает, что наиболее эффективным способом борьбы с заморозками в расчете на 1 га площади является обогрев газовыми горелками с использованием вентилятора. Эффект проявляется не только от повышения температуры атмосферы, но и от свойств фазового перехода, контролируя образование льда и восстанавливая энергию, которая освобождается в процессе преобразования пара в лед; данный способ обеспечивает защиту с минимальным потреблением энергии.

2. Обогрев имеет несколько преимуществ по сравнению с другими системами защиты от заморозков. Этот способ может применяться не только во время радиальных заморозков, но также и во время заморозков, сопровождаемых ветром, и использоваться в местах, где вода не доступна.

3. Общая площадь поверхности, которую можно защитить одной установкой, зависит от формы и размера участка и максимально составляет от 8 до 10 га.

Список использованных источников

1. Новые технологии и технические средства для механизации работ в садоводстве / В. Ф. Воробьев [и др.] ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное науч. учреждение «Российский науч.-исслед. ин-т информ. и технико-экономических исслед. по инженерно-техническому обеспечению агропром. комплекса» ; [подгот. под рук. М. И. Куликова и др.]. – М. : Росинформагротех, 2012. – 164 с.

2. Асейкин, Р. Н. О физической природе радиационного заморозка / Р. Н. Асейкин // Изв. Акад. наук СССР. Сер. географич. и геофизич. – 1938. – № 2–3. – С. 92–103.

3. Интенсивные технологии в садоводстве / пер. с пол. Н. А. Чупеева. – М. : Агропромиздат, 1990. – 300 с.

4. Лосев, А. П. Агрометеорология / А. П. Лосев, Л. Л. Журина. – М. : Колос, 2001. – 297 с.

5. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отрасл. регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК Нац. акад. наук Беларуси ; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2010. – 520 с.

6. Фирма Tow and Blow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.towandblow.co.nz/products/tow-and-blow/frost-fan/>. – Дата доступа: 21.08.2020.

7. Фирма Brown Welding Corp [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://philbrownwelding.com/index.php/frost-protection-fans>. – Дата доступа: 24.08.2020.

8. Фирма Agrofrost [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agrofrost.eu/products>. – Дата доступа: 03.03.2022.