

УДК 634.1:631.542

4.1.4 Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЧЕРЕШНИ В
ЗАЩИЩЁННОМ ГРУНТЕ**

Чумаков Сергей Семенович
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
prof.lutsenko@gmail.com

Хилманд Мохаммад Касам
аспирант
qasamhelmand6@gmail.com
КубГАУ, Краснодар, Россия

В обзоре рассматривается влияние факторов окружающей среды на выращивание черешни (*Prunus avium* L.) в защищённых системах, включая пластиковые туннели, высокие туннели и дождезащитные укрытия. Ключевые микроклиматические факторы – свет, температура, относительная влажность и ветер – существенно влияют на физиологические процессы, рост деревьев, развитие плодов и их качество. Фотосинтетически активная радиация (ФАР) критически важна для фотосинтеза, цветения и роста плодов. Защитные укрытия могут снижать ФАР на 15–58 %, влияя на проводимость устьиц, синтез пигментов и морфогенез. Спектральный состав света, изменяемый цветными сетками или плёнками, также регулирует размер плодов, содержание антоцианов и активность устьиц. Температурный режим под укрытиями влияет на дифференциацию почек, цветение, завязывание и развитие плодов. Оптимальные температуры составляют 5–18 °C для закладки почек, 17–19 °C для цветения и 22–25 °C для роста плодов. Высокие температуры на критических стадиях могут снижать опыление и жизнеспособность семян, а низкие – задерживать развитие. Относительная влажность и ветер также влияют на урожай и качество плодов. Чрезмерная влажность снижает жизнеспособность пыльцы и повышает риск болезней, низкая влажность ограничивает транспирацию и тургор плодов. Снижение ветра уменьшает механические повреждения, но влияет на циркуляцию воздуха и газообмен. Защищённые системы способствуют росту черешни, увеличению размера плодов, содержанию сахара и водного баланса, но могут изменять окраску, твёрдость и распределение кальция. Эффективное управление микроклиматом и выбор укрывных материалов необходимы для оптимизации урожайности и качества плодов

UDC 634.1:631.542

4.1.4 Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops

**INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL
CLIMATIC FACTORS ON THE CULTIVATION
OF SWEET CHERRY IN PROTECTED
GROUND**

Chumakov Sergey Semenovich
Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
prof.lutsenko@gmail.com

Helmand Mohammad Qasam
postgraduate student
qasamhelmand6@gmail.com
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

The review examines the impact of environmental factors on the cultivation of sweet cherries (*Prunus avium* L.) in protected systems, including plastic tunnels, high tunnels and rain shelters. Key microclimatic factors – light, temperature, relative humidity, and wind – significantly affect the physiological processes, tree growth, fruit development, and fruit quality. Photosynthetically active radiation (PHAR) is critically important for photosynthesis, flowering and fruit growth. Protective shelters can reduce headlights by 15–58%, affecting stomatal conductivity, pigment synthesis, and morphogenesis. The spectral composition of light, modified by colored grids or films, also regulates the size of fruits, the content of anthocyanins and the activity of stomata. The temperature regime under shelters affects the differentiation of buds, flowering, tying and fruit development. The optimal temperatures are 5–18 °C for budding, 17–19 °C for flowering, and 22–25 °C for fruit growth. High temperatures at critical stages can reduce pollination and viability of ovules, while low temperatures can delay development. Relative humidity and wind also affect the yield and fruit quality. Excessive humidity reduces the viability of pollen and increases the risk of disease, low humidity limits transpiration and turgor of fruits. Reducing wind reduces mechanical damage, but affects air circulation and gas exchange. Protected systems promote the growth of cherries, increase the size of fruits, sugar content and water balance, but can change the color, hardness and distribution of calcium. Effective management of the microclimate and the choice of covering materials are necessary to optimize the yield and quality of fruits

Ключевые слова: PRUNUS AVIUM L., ЗАЩИТНЫЕ УКРЫТИЯ, МИКРОКЛИМАТ, ФОТОСИНТЕЗ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, КАЧЕСТВО ПЛОДОВ

Keywords: PRUNUS AVIUM L., PROTECTIVE SHELTERS, MICROCLIMATE, PHOTOSYNTHESIS AND PHYSIOLOGICAL REACTIONS, FRUIT QUALITY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-219-032>

Введение

Выращивание черешни (*Prunus avium* L.) в защищённой среде, такой как пластиковые туннели, высокие туннели и дождезащитные укрытия, привлекает всё большее внимание благодаря возможности оптимизации микроклиматических условий, повышения качества плодов и стабильности урожайности. Факторы окружающей среды – в частности интенсивность и качество света, температура, относительная влажность и ветер – играют ключевую роль в физиологических процессах и развитии деревьев черешни под этими системами.

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) является критическим фактором фотосинтеза, влияя на рост, индукцию цветения и развитие плодов. Исследования показывают, что светопропускание под защитными покрытиями может снижаться на 15–58 % в зависимости от типа материала, его возраста и климатических условий, что отражается на эффективности фотосинтеза, проводимости устьиц, синтезе пигментов и морфогенезе растений (Balkhoven-Baart & Groot, 2005; Lang et al., 2011; Mika et al., 2019). Спектральное качество света, изменяемое с помощью цветных сеток или пластиковых плёнок, существенно влияет на рост плодов, активность устьиц и биосинтез антоцианов, подчёркивая важность выбора материалов для оптимизации работы сада (Bastías et al., 2012; Schmitz-Eiberger & Blanke, 2012).

Регулирование температуры под защитными системами также имеет решающее значение. Пластиковые укрытия способны аккумулировать тепло и смягчать колебания температуры, защищая деревья от заморозков и способствуя ранней дифференциации почек и цветению (Jett, 2017;

<http://ej.kubagro.ru/2026/05/pdf/32.pdf>

Verru et al., 2001; Zhang et al., 2018b). Однако высокие температуры в критические периоды, такие как дифференциация цветков и завязывание плодов, могут негативно влиять на опыление, развитие зародышей и удержание плодов, что требует внимательного управления микроклиматом (Sønsteby & Heide, 2019; Hedhly et al., 2007).

Относительная влажность (ОВ) под укрытиями также оказывает влияние на успешное воспроизводство, транспорт питательных веществ и качество плодов. Чрезмерная влажность снижает жизнеспособность пыльцы, повышает риск болезней и нарушает распределение кальция, тогда как низкая влажность ограничивает транспирацию и снижает тургор плодов (Blanco et al., 2019b; Zhang et al., 2018b). Снижение скорости ветра под укрытиями дополнительно изменяет микроклимат, уменьшая эвапотранспирацию и механические повреждения плодов, одновременно влияя на циркуляцию воздуха и газообмен (Lang, 2014; Castellano et al., 2008).

Совокупное влияние этих микроклиматических факторов в защитных системах существенно влияет на газообмен листьев, водный баланс, развитие цветков, вегетативный рост и качественные показатели плодов, включая размер, массу, твёрдость, окраску и содержание растворимых сухих веществ (Bastías & Leyton, 2018; Blanco et al., 2021a; Cline et al., 1995). Следовательно, понимание взаимодействия факторов окружающей среды и физиологических реакций необходимо для оптимизации выращивания черешни в защищённых условиях.

Цель данного обзора – обобщить современные знания о влиянии факторов окружающей среды на выращивание черешни под укрытиями, с акцентом на свет, температуру, влажность и ветер, а также их физиологические и качественные последствия, предоставляя рекомендации для эффективного управления садами и выбора укрывных материалов. Основные задачи данной статьи заключаются в следующем:

- Оценка влияния факторов окружающей среды (свет, температура, относительная влажность и ветер) на рост, физиологические процессы и урожайность черешни.

- Изучение условий выращивания в защищённых системах (пластиковые туннели, высокие туннели и дождезащитные укрытия) и их влияния на микроклимат.

- Анализ физиологических реакций растений и качественных показателей плодов (фотосинтез, газообмен, водный баланс, размер, окраска, твёрдость и содержание сахара).

Материалы и методы

Данное исследование выполнено в формате систематического обзора и направлено на оценку влияния микроклиматических факторов на выращивание черешни (*Prunus avium* L.) в защищённых условиях. Поиск литературы проводился в международных научных базах данных: Web of Science, Scopus, eLibrary и Google Scholar. Использовались комбинации ключевых слов с логическими операторами: "Prunus avium" AND "microclimate", "sweet cherry" AND "protected cultivation", "high tunnel" OR "plastic cover" AND "fruit quality".

В анализ включались публикации за период 2000–2024 гг. Критерии включения: статьи в рецензируемых журналах, содержащие оригинальные экспериментальные данные и соответствующие тематике исследования. Критерии исключения: нерцензируемые источники, обзорные работы без новых данных и публикации с недостаточным методическим описанием.

Условия освещения в защищённых садах черешни

Фотосинтетически активная радиация (ФАР), измеряемая плотностью потока фотосинтетически активных фотонов (ППФ), является критическим фактором фотосинтеза у черешни, достигая светового насыщения при ППФД $900 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (Zhang et al., 2021). В защищённых системах, таких как пластиковые туннели и плёночные

укрытия, интенсивность ППФД снижается на 15–40 % в зависимости от материала и климатических условий (Balkhoven-Baart & Groot, 2005; Lang et al., 2011; Wallberg & Sagredo, 2014). Низкая освещённость в нижних слоях кроны (до 6 % ППФД) может ограничивать индукцию цветения и фотосинтетическую активность листьев (Mika et al., 2019).

Светопропускание также изменяется со временем: через три года эксплуатации полиэтиленового покрытия ППФД снижается на 25 %, что требует стратегической обрезки и использования светоотражающих материалов для поддержания оптимального проникновения света (Lang et al., 2011). Оптические свойства листьев – отражение, поглощение и пропускание света – дополнительно влияют на распределение и спектральный состав ФАР (Baldini et al., 1997).

Цвет сеток и плёнок способен модулировать рост плодов, устьичную проводимость и биосинтез пигментов. Использование синей сетки (400–700 нм) повышает скорость роста плодов и открытие устьиц по сравнению с красной сеткой (600–700 нм) (Bastías et al., 2012, 2021). Полиэтиленовые покрытия уменьшают уровни УФ-А и УФ-В на 22 % и 2 % соответственно, влияя на фотосинтез, поведение опылителей и синтез антоцианов в плодах с жёлтой мякотью, таких как Sato Nishiki и Rainier (Schmitz-Eiberger & Blanke, 2012; Mulabagal et al., 2009).

Светопропускание варьируется в зависимости от материала укрытия и погодных условий: пластиковые покрытия пропускают на 7 % больше ФАР в солнечные дни по сравнению с тканевыми, в то время как различия нивелируются в облачные дни (Bastías & Leyton, 2018). Это подчёркивает необходимость выбора материалов с высокой прозрачностью для оптимизации фотосинтетической активности и морфогенеза растений.

Температура и её влияние на развитие черешни под укрытием

Глобальное потепление изменяет температурные режимы, вызывая более тёплые зимы и жаркое лето, что критично для фаз покоя, цветения и

развития плодов черешни (Kaufmann & Blanke, 2017a,b; Wenden et al., 2017). Высокие температуры (35–40 °C) нарушают деление клеток, рост листьев и репродуктивное развитие (Flaishman et al., 2015), тогда как низкие температуры замедляют рост побегов и могут полностью его останавливать (Sønsteby & Heide, 2019).

Пластиковые покрытия сохраняют тепло, ограничивая конвекцию и излучение, однако однослойные покрытия не предотвращают заморозки, и ночная температура быстро выравнивается с наружной (Dekova & Blanke, 2007). Двухслойные укрытия повышают температуру летом на 12 °C и зимой на 7,8 °C, а полиэтиленовые рядные покрытия смягчают колебания температуры, снижая риск замерзания (Janke et al., 2017; Vavra et al., 2019).

Температура влияет на завязывание плодов, образование махровых плодов и урожайность. Так, температуры выше 28 °C на ранних стадиях роста плодов увеличивают их опадение до 60–80 % (Zhang et al., 2018b). Защитные укрытия и сетки снижают пиковые температуры и интенсивность солнечной радиации, предотвращая аномальное развитие пестиков и махровых плодов (Verpu & Kataoka, 2000; Imrak et al., 2014; Bastías & Leyton, 2018).

Оптимальные температуры для бутонизации составляют 5–18 °C, для цветения – 17–19 °C, для роста плодов – 22–25 °C (Zhang et al., 2018b). Высокие температуры также влияют на опыление и химический состав плодов: ускоряют старение семян и повышают содержание фенольных соединений (Zhang et al., 2018a; Schmitz-Eiberger & Blanke, 2012).

Контроль температуры в укрытых садах достигается вентиляцией крыши и междурядий; при высоких туннелях это требует значительных затрат на регулировку боковых покрытий (Børve et al., 2003; Meland et al., 2017).

Относительная влажность и её влияние на развитие черешни под укрытием

Пластиковые укрытия и высокие туннели изменяют микроклимат сада, в частности относительную влажность (ОВ), которая критична для цветения, завязывания и развития плодов черешни (Lang, 2014). Во время цветения оптимальный диапазон ОВ составляет 50–70 %; при более высокой влажности пыльца становится «липкой», а при низкой – высыхает и теряет жизнеспособность (Zhang et al., 2018b).

Высокие туннели обычно повышают ОВ и температуру воздуха, что может негативно влиять на урожайность и качество плодов (Lang et al., 2016; Blanco et al., 2019b; Meland et al., 2017). Эти параметры определяют дефицит давления пара, влияющий на устьичную проводимость, транспирацию и фотосинтез (Righi et al., 2012). В туннелях ОВ может превышать значения открытого грунта на 5–16 %, снижая транспирацию и замедляя транспорт кальция в плоды, что повышает вегетативный рост за счёт плодового (Blanco et al., 2021a,b; Winkler et al., 2020).

В контролируемых условиях оптимальная ОВ для черешни составляет: закладка почек – 60–80 %, цветение – 50–70 %, рост плодов – 50–60 % (Zhang et al., 2018b). Повышение ОВ на 10–15 % увеличивает риск опадения цветков и плодов, а превышение 75 % во время созревания способствует образованию микротрещин плодов (Blanke & Balmer, 2008; Knoche & Peschel, 2006). Поддержание ОВ на уровне 50–60 % на стадии расширения мезокарпия снижает образование трещин, улучшая качество урожая (Zhang et al., 2018b).

Скорость ветра и её влияние на урожай черешни

Ветер существенно влияет на урожайность черешни, воздействуя на фотосинтез, дыхание и транспирацию растений (Girona et al., 2012). Защитные укрытия особенно важны в ветреных регионах, снижая скорость ветра на 5–20 км/ч в высоких туннелях (Lang, 2014). Снижение ветровой нагрузки уменьшает повреждения плодов, помятости и гниение, а также снижает эвапотранспирацию, повышая эффективность усвоения углерода (Castellano et al., 2008; Lang et al., 2016).

Тип укрытия напрямую влияет на циркуляцию воздуха и скорость ветра. Вентиляционные решения в туннелях позволяют уменьшить сопротивление потоку воздуха, улучшая микроклимат под покрытием (Blanke et al., 2017; Arthurs et al., 2013).

Эффект защитного укрытия на ветер, свет, температуру и относительную влажность зависит от конструкции системы, местоположения сада и управленческих решений производителя. Даже экономически выгодные дождевые покрытия требуют оценки потенциальных преимуществ и ограничений, чтобы оптимизировать соотношение затрат и пользы для черешни (Simon, 2006).

Таблица 1. Влияние различных систем защитного покрытия на микроклимат черешни (*Prunus avium* L.)

Переменные	Покровная система	Отклик	Ссылка
Температура	Дождезащитное укрытие	Повысило	Borve et al., 2003; and Stensvane, 2003; Simon, 2006; Schmitz-Eiberger and Blank, 2012
Температура	Тканевое затенение	Снижело	Beppu and Kataoka, 2000
Температура	Зелёная пластиковая сетка	Снижело	Imrak et al., 2014
Температура	Высокая теплица	Повысило	Blank and Balmer, 2008; Blanco et al., 2019a; 2021a; 2021b
Температура Фотосинтетически активная радиация (PAR)	Тепличный туннель	Контрольно снижело (15-40%)	Zhang et al., 2017 Balkhoven-Baart and Groot, 2005; Blank and Balmer, 2008; Lang et al., 2011; Lang 2014; Overbeck et al., 2017; Mika et al., 2019
Фотосинтетически активная радиация (PAR)	Полиэтиленовый туннель	Снижело (до 54 %)	Schmitz-Eiberger and Blank, 2012
Фотосинтетически активная радиация (PAR)	Полиэтиленовый туннель Hugelgrove	Снижело (до 25 %)	Overbeck et al., 2017
Фотосинтетически активная радиация (PAR)	Пластиковое укрытие	Снижело (до 58 %)	Overbeck et al., 2018
Фотосинтетически активная радиация (PAR)	Двускатное (Voep TM) укрытие для урожая	Снижело (до 40 %)	Walberg and Sagredo, 2014
Относительная влажность (RH)	Высокая теплица	Повысило	Blanke and Balmer, 2008; Blanco et al., 2019b
Относительная влажность (RH)	Зонтичные укрытия	Повысило	Borve et al., 2003

Физиологические реакции

Газообмен листьев

Максимальная чистая фотосинтетическая ассимиляция CO_2 (A_n) у большинства СЗ-видов достигается при относительно низкой фотосинтетически активной радиации (ФАР) $600\text{--}900 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ (30–40 % солнечного света). Температура значительно влияет на A_n : при повышении температуры ускоряется дыхание, что снижает фотосинтез (Lakso, 1994). Черешня демонстрирует температурную акклиматизацию: деревья, выращенные при низких температурах, испытывают снижение A_n при $>25 \text{ }^\circ\text{C}$, тогда как высокотемпературно акклиматизированные растения достигают максимума A_n при $30 \text{ }^\circ\text{C}$ и сохраняют фотосинтез даже до $35 \text{ }^\circ\text{C}$ (Verri et al., 2003).

Низкая влажность почвы летом дополнительно снижает A_n , скорость транспирации (E) и устьичную проводимость (g_s), уменьшая накопление углеводов (Verri et al., 2003).

Влияние защитных покрытий

Системы укрытия по-разному воздействуют на газообмен:

- Синяя сетка повышает A_n , E и g_s у яблони по сравнению с красной сеткой, изменяя качество и количество света (Bastías et al., 2011; 2021).

- Пластиковые покрытия в высоких туннелях увеличивают g_s за счёт большего диффузного ФАР, несмотря на снижение общего пропускания света (Retamal-Salgado et al., 2015; Li et al., 2014).

У черешни сортов «Титон» и «Брукс» пластиковые покрытия с пропусканием ФАР 55 % снижали A_n на 43–45 % из-за недостатка света, тогда как покрытия с пропусканием 85–87 % увеличивали фотосинтез у сортов «Сантин» и «Ван» (Sotiropoulos et al., 2014; Blanco et al., 2021b). Фотосинтетическая активность черешни под укрытием зависит от характеристик покрытия и сорта растения.

Водные отношения

В садах под укрытием водный режим отличается от открытого грунта из-за сниженного испарения и большей доступности воды для орошения (Janke et al., 2017; Blanco et al., 2019a). У карликовых подвоев без укрытия высокие потребности в транспирации повышают гидравлическое сопротивление и снижают водный потенциал растений.

Исследования с черешней сорта «Сантина» на подвое «Кольте» показали, что минимальный водный потенциал стебля под высокими туннелями достигал $-0,83$ МПа, тогда как в открытом грунте он снижался до $-1,15$ МПа (Blanco et al., 2021b). Водный потенциал плодов в значительной степени определяется стеблевым потенциалом и внешними факторами, такими как дефицит давления пара (Measham et al., 2014; Blanco et al., 2018).

Выращивание под укрытием улучшает водный баланс, снижает потери воды и дефицит давления пара, повышает тургор плодов и ускоряет их рост (Blanco et al., 2021b).

Развитие цветка

Использование сеток и укрывных туннелей регулирует солнечную радиацию и температуру в период цветения, смягчая негативное влияние высоких температур, включая аномальное развитие пестиков и плодов (Berri & Kataoka, 2000; Whiting & Martin, 2008; Imrak et al., 2014). Закрытие туннелей весной повышает температуру воздуха, что может вызвать позднее цветение и плохое завязывание плодов. Повышение температуры на $1-3$ °С снижает завязывание плодов за счёт ускоренного роста пыльцевой трубки, уменьшения количества трубок в столбике и деградации семяпочки (Hedhly et al., 2007), подчёркивая важность вентиляции и использования сетчатых укрытий.

Высокие температуры в начале лета могут подавлять закладку цветков, тогда как их повышение в конце распускания почек ускоряет цветение, способствуя раннему сбору урожая и повышению

рентабельности (Sønsteby & Heide, 2019; Dekova & Blanke, 2007). Для оптимизации эффекта рекомендуется выращивать сорта с обильным цветением и стабильной урожайностью, такие как 'Summit' и 'Lapins' (Zhang et al., 2018b).

Рост и развитие деревьев

Зимний покой черешни регулируется взаимодействием фотопериода и температуры (Heide, 2008). Укрытия и цветные сетки изменяют спектр света, влияя на рост побегов и распускание почек через фоторецепторы – фитохромы и криптохромы (Bastías & Corelli-Grappadelli, 2012). Ограниченный свет под укрытием стимулирует вегетативный рост за счёт побегов, тогда как увеличение красно-дальнего света способствует сбалансированному развитию плодов (Bastías et al., 2012).

Выращивание под высокими туннелями ускоряет рост деревьев, увеличивая высоту и размер листьев на 20–24 % (Lang et al., 2011; Blanke & Balmer, 2008; Rubauskis et al., 2013). Эффект ускоренного роста объясняется изменением освещённости и повышением температуры, увеличивающей градусо-дни роста на 10 % (Lang, 2014; Retamal-Salgado et al., 2015; Sønsteby & Heide, 2019).

Однако чрезмерный вегетативный рост может ухудшать проникновение света и распределение энергии внутри полога, снижая качество плодов и закладку цветков в следующем сезоне (Ayala & Lang, 2017). Повышение температуры во время цветения также может вызвать позднее цветение и уменьшение завязывания плодов, подчёркивая необходимость контроля микроклимата под укрытиями.

Показатели качества плодов

Использование защитных укрытий увеличивает размер плодов черешни, что связано с балансом вегетативного и репродуктивного роста и повышением температуры в период цветения, способствующей делению клеток на ранних стадиях развития плодов (Bastías et al., 2012; Retamal-

Salgado et al., 2015; Bastías & Leyton, 2018). Увеличение массы плодов подтверждено для сортов «Rainier», «Lapins», «Samba», «Bellise», «Rita», «Burlat», «Prime Giant», «Ulster», «Royal Down» и «Santina» (Lang et al., 2011; Wallberg & Sagredo, 2014; Schmitz-Eiberger & Blanke, 2012; Bastías & Leyton, 2018), что указывает на улучшение качества плодов при снижении завязываемости.

Влияние укрытий на окраску плодов противоречиво: в регионах с низкой освещённостью (Норвегия, Германия, юг Чили) наблюдается снижение интенсивности окраски (Børve et al., 2003; Dekova & Blanke, 2007; Wallberg & Sagredo, 2014), тогда как в регионах с высокой солнечной радиацией (Греция, центральная и северная часть Чили) окраска усиливается (Kafkaletou et al., 2015; Bastías et al., 2017), особенно у двуцветных сортов, таких как «Rainier» (Lang, 2009).

Твёрдость плодов сохраняется при укрытиях, установленных только на критические периоды дождей, но может снижаться при длительном покрытии от цветения до сбора урожая (Dekova & Blanke, 2007; Wallberg & Sagredo, 2014; Bastías & Leyton, 2018), что связано с высокой влажностью и дисбалансом кальция (Blanco et al., 2021a; Winkler et al., 2020).

Содержание сахара также варьирует: под укрытием отмечены более высокие уровни глюкозы, фруктозы, сорбита и растворимых сухих веществ (Usenik et al., 2009; Børve et al., 2003; Rubauskis et al., 2013; Wallberg & Sagredo, 2014; Meland et al., 2017), хотя в некоторых исследованиях наблюдалось снижение растворимых сухих веществ (Suran et al., 2019), особенно в зависимости от типа укрытия. Влияние защитных укрытий на качество плодов черешни зависит от вида укрытия, климатических условий и управления системой, что важно учитывать при принятии решений производителями (таблица 2).

Таблица 2. Влияние различных укрывных материалов на качественные

Переменные	Матерялый	Отклик	Ссылка
Твёрдость	Пластиковое укрытие	Высокий	Cline et al., 1995; Meland et al., 2017
Твёрдость	Пластиковое укрытие	Низкий	Dekova and Blanke, 2007; Blanke and Balmer, 2008; Maria et al., 2008; Lang, 2014; Bastias et al., 2017; Meland et al., 2017; Bastia and Leyton, 2018; Blanco et al., 2019b; Suran et al., 2019; Blanco et al., 2021a
Твёрдость	Пластиковое укрытие	Без различий	Schmitz-Eiberger and Blanke, 2012; Kafkaletou et al., 2015; 2015; Mika et al., 2019
Твёрдость	Тканевый	Снижело	Maria et al., 2008
Цвет	Пластиковое укрытие	Повысило	Cline et al., 1995; Dekova and Blanke, 2007; Schmitz-Eiberger and Blanke, 2012; Bastia et al., 2017
Цвет	Пластиковое укрытие	Снижело	Borve et al., 2003; Simon, 2006; Dekova and Blanke, 2007; Mulabagal et al., 2009; Wallberg and Sagredo, 2014; Mika et al., 2019
Цвет	Пластиковое укрытие	Без различий	Blanco et al., 2021b
Растворимые твердые вещества	Пластиковое укрытие	Низкий	Borve et al., 2003; Schmitz-Eiberger and Blanke, 2012; Kafkaletou et al., 2015; Zhang et al., 2018b; Blanco et al., 2019a
Растворимые твердые вещества	Пластиковое укрытие	Высокий	Borve et al., 2003; Usenik et al., 2009; Rubauskis et al., 2013; Wallberg and Sagredo, 2014; Bastias et al., 2017; Meland et al., 2017; Bastias and Leyton, 2018
Растворимые твердые вещества	Пластиковое укрытие	Без различий	Overbeck et al., 2017; Blanco et al., 2021b
Размер	Пластиковое укрытие	Повысило	Cline et al., 1995; Schmitz-Eiberger and Blanke, 2012; Rubauskis et al., 2017; Blanco et al., 2019a
Размер	Пластиковое укрытие	Снижело	Blanke and Balmer, 2008
Размер	Пластиковое укрытие	Без различий	Meland et al., 2017
Вес плодов	Пластиковое укрытие	Без различий	Borve et al., 2008; Usenik et al., 2009; Sotiropoulos et al., 2014
Вес плодов	Пластиковое укрытие	Высокий	Balkhoven-Baart and Groot, 2005

Выводы

Выращивание черешни (*Prunus avium* L.) под защитными укрытиями – пластиковыми туннелями, высокими туннелями и дождезащитными покрытиями – оказывает комплексное влияние на микроклимат сада, физиологические реакции деревьев и качественные показатели плодов. Управление освещённостью, температурой, относительной влажностью и скоростью ветра под укрытиями позволяет оптимизировать фотосинтез, газообмен, водный баланс и развитие цветков, что в целом повышает продуктивность и стабильность урожайности.

Использование укрывных материалов изменяет спектр света и интенсивность ФАР, что влияет на рост побегов, устьичную проводимость,

синтез пигментов и фотосинтетическую активность. Контроль температуры защищает растения от экстремальных колебаний, улучшает завязывание плодов и ускоряет их рост, однако чрезмерное повышение температуры может отрицательно влиять на опыление и развитие плодов. Относительная влажность под укрытиями регулирует жизнеспособность пыльцы, транспирацию, тургор плодов и распределение кальция, а снижение скорости ветра уменьшает механические повреждения и потери воды, улучшая эффективность фотосинтеза.

Вегетативный рост и развитие деревьев под укрытиями увеличиваются за счёт улучшенного микроклимата и спектральных изменений света, но чрезмерный рост может ухудшать проникновение света в крону и качество плодов. Качество урожая также зависит от типа укрытия: укрытия повышают размер и массу плодов, могут влиять на окраску и твёрдость, а содержание сахаров варьирует в зависимости от микроклиматических условий и материала покрытия.

Выбор типа укрытия, его конструктивные особенности и управление микроклиматом являются ключевыми для достижения оптимального баланса между вегетативным и репродуктивным ростом, повышением качества плодов и стабильностью урожайности. Дальнейшие исследования должны учитывать локальные климатические условия, характеристики сортов и длительность использования укрывных систем для разработки эффективных рекомендаций для производителей черешни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Albuquerque, N., García-Montiel, F., Carrillo, A., Burgos, L. 2008. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. *Environmental and Experimental Botany* 64(2):162-170.
2. Arthurs, S.P., Stamps, R.H., Giglia, F.F. 2013. Environmental modification inside photosensitive shadehouses.
3. *HortScience* 48(8):975-979.
4. Ayala, M., Lang, G.A. 2017. Morphology, cropping physiology and canopy training. p. 269-304. In *Cherries: Botany, production and uses*. CAB International, Cambridge, UK.

5. Baldini, E., Facini, O., Nerozzi, F., Rossi, F., Rotondi, A. 1997. Leaf characteristics and optical properties of different woody species. *Trees* 12(2):73-81.

6. Balkhoven-Baart, J.M.T., Groot, M.J. 2005. Evaluation of 'Lapins' sweet cherry on dwarfing rootstocks in high-density plantings, with or without plastic covers. *Acta Horticulturae* 667:345-352.

7. Bastías, R.M., Corelli-Grappadelli, L. 2012. Light quality management in fruit orchards: Physiological and technological aspects. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72:224-231.

8. Bastías, R., Leyton, M.J. 2018. Producción de cerezos bajo rafia y plástico: Efecto en el microclima, calidad y condición de la fruta. *Revista Frutícola* 40(2):8-14.

9. Bastías, R.M., Losciale, P., Chieco, C., Corelli-Grappadelli, L. 2021. Red and blue netting alters leaf morphological and physiological characteristics in apple trees. *Plants* 10(1):127.

10. Bastías, R.M., Losciale, P., Chieco, C., Rossi, F., Corelli-Grappadelli, L. 2011. Physiological aspects affected by photosensitive nets in apples: preliminary studies. *Acta Horticulturae* 907:217-220.

11. Bastías, R.M., Manfrini, L., Corelli Grappadelli, L. 2012. Exploring the potential use of photo-selective nets for fruit growth regulation in apple. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72:224-231.

12. Bastías, R.M., Soto, G., Elorriaga, A. 2017. Comportamiento del cerezo bajo dos tipos de coberturas anti-lluvias:

13. Resultados preliminares. *Revista Frutícola* 39(1):12-18.

14. Beppu, K., Ikeda, T., Kataoka, I. 2001. Effect of high temperature exposure time during flower bud formation on the occurrence of double pistils in 'Satohnishiki' sweet cherry. *Scientia Horticulturae* 87(1-2):77-84.

15. Beppu, K., Kataoka, I. 2000. Artificial shading reduces the occurrence of double pistils in 'Satohnishiki' sweet cherry.

16. Beppu, K., Suehara, T., Kataoka, I. 2003. High temperature and drought stress suppress the photosynthesis and carbohydrate accumulation in 'Satohnishiki' sweet cherry. *Acta Horticulturae* (618):371-377.

17. Blanco, V., Domingo, R., Pérez-Pastor, A., Blaya-Ros, P.J., Torres-Sánchez, R. 2018. Soil and plant water indicators for deficit irrigation management of field-grown sweet cherry trees. *Agricultural Water Management* 208:83-94.

18. Blanco, V., Martínez-Hernández, G.B., Artés-Hernández, F., Blaya-Ros, P.J., Torres-Sánchez, R., Domingo, R. 2019c. Water relations and quality changes throughout fruit development and shelf life of sweet cherry grown under regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 217:243-254.

19. Blanco, V., Torres-Sánchez, R., Blaya-Ros, P.J., Pérez-Pastor, A., Domingo, R. 2019a. Vegetative and reproductive response of 'Prime Giant' sweet cherry trees to regulated deficit irrigation. *Scientia Horticulturae* 249:478-489.

20. Blanco, V., Zoffoli, J.P., Ayala, M. 2019b. High tunnel cultivation of sweet cherry (*Prunus avium* L.): Physiological and production variables. *Scientia Horticulturae* 251:108-117.

21. Blanco, V., Zoffoli, J.P., Ayala, M. 2021a. Influence of high tunnel microclimate on fruit quality and calcium concentration in 'Santina' sweet cherries in a Mediterranean climate. *Agronomy* 11(6):1186.

22. Blanco, V., Zoffoli, J.P., Ayala, M. 2021b. Eco-physiological response, water productivity and fruit quality of sweet cherry trees under high tunnels. *Scientia Horticulturae* 286:110180.
23. Blanke, M.M., Balmer, M. 2008. Cultivation of sweet cherry under rain covers. *Acta Horticulturae* (795):479-484.
24. Blanke, M., Lang, G., Meland, M. 2017. Orchard microclimate modification. p. 244-268. In Quero-García, J., Iezzoni A., Pulawska, J. and Lang G. (eds.) *Cherries botany, production and uses*. CAB International, Cambridge, UK.
25. Børve, J., Meland, M., Sekse, L., Stensvand, A. 2008. Plastic covering to reduce sweet cherry fruit cracking affects fungal fruit decay. *Acta Horticulturae* (795):485-488.
26. Børve, J., Skaar, E., Sekse, L., Meland, M., Vangdal, E. 2003. Rain protective covering of sweet cherry trees—effects of different covering methods on fruit quality and microclimate. *HortTechnology* 13(1):143-148.
27. Børve, J., Stensvand, A. 2003. Use of a plastic rain shield reduces fruit decay and need for fungicides in sweet cherry.
28. *Plant Disease* 87(5):523-528.
29. Bujdosó, G., Hrotkó, K. 2017. Cherry production. p. 1-13. In Quero-García, J., Iezzoni, A., Pulawska J., Lang, G. (eds.) *Cherries: Botany, production and uses*. CAB International, Cambridge, UK.
30. Campoy, J.A., Darbyshire, R., Dirlwanger, E., Quero-García, J., Wenden, B. 2019. Yield potential definition of the chilling requirement reveals likely underestimation of the risk of climate change on winter chill accumulation. *International Journal of Biometeorology* 63(2):183-192.
31. Castellano, S., Mugnozza, G.S., Russo, G., Briassoulis, D., Mistriotis, A., Hemming, S., et al. 2008. Plastic nets in agriculture: a general review of types and applications. *Applied Engineering in Agriculture* 24(6):799-808.
32. Cline, J.A., Meland, M., Sekse, L., Webster, A.D. 1995. Rain cracking of sweet cherries: II. Influence of rain covers and rootstocks on cracking and fruit quality. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 45(3):224-230.
33. Dekova, O., Blanke, M. 2007. Verfrühung voSüßkirschen im Folienhaus. *Erwerbs-Obstbau* 49:10-17.
34. Engin, H., Ünal, A. 2008. The effect of irrigation, gibberellic acid and nitrogen on the occurrence of double fruit in ‘Van’ sweet cherry. *Acta Horticulturae* 795:645-650.
35. Flaishman, M.A., Peles, Y., Dahan, Y., Milo-Cochavi, S., Frieman, A., Naor, A. 2015. Differential response of cellcycle and cell-expansion regulators to heat stress in apple (*Malus domestica*) fruitlets. *Plant Science* 233:82-94.
36. Girona, J., Behboudian, M.H., Mata, M., Del Campo, J., Marsal, J. 2012. Effect of hail nets on the microclimate, irrigation requirements, tree growth, and fruit yield of peach orchards in Catalonia (Spain). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 87(6):545-550.
37. Gratacós, E., Cortés, A. 2007. Chilling requirements of cherry cultivars. *The Compact Fruit Tree* 40:7-9.
38. Guimond, C.M., Andrews, P.K., Lang, G.A. 1998. Scanning electron microscopy of floral initiation in sweet cherry.