

## ПОСЛЕУБОРОЧНАЯ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СРЕЗАННЫХ ЦВЕТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ

Панфилова О.Ф., Пильщикова Н.В.

*Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет-МСХА  
им. К.А. Тимирязева»,  
Москва, Россия, e-mail: sad200805@mail.ru*

В обзорной статье обсуждаются проблемы послеуборочного старения и перспективы использования регулируемой световой среды для сохранения товарных качеств цветочной продукции. Отмечено, что утрата декоративных качеств, в первую очередь связана со старением лепестков, важным фактором которого является состояние антиоксидантных систем и сохранение целостности мембран. Проанализировано влияние плотности светового потока и спектрального состава света на состояние срезки гвоздики, розы, антуриума, хризантемы, гиацинта. Показана перспективность использования белых и комбинаций узкополосных светодиодов при низкотемпературном хранении и в торговых залах.

**Ключевые слова:** антиоксиданты, декоративные растения, долговечность, послеуборочное старение, светодиоды (СИД), световой спектр, срок хранения, срезанные цветы, стойкость, этилен.

Производство цветов на срез является перспективной, но достаточно сложной отраслью промышленного цветоводства. Срезанные цветы, как правило, имеют короткий срок жизни, часто не совпадают периоды массового сбора и потребительского спроса, а удлинение цепи распределения приводит к преждевременной потере товарной ценности. Утрата декоративных свойств срезки чаще связана с преждевременным старением цветков. Одним из наиболее важных факторов служит обеспеченность водой. Неблагоприятные условия водного обмена могут привести к проблемам раскрытия цветка, преждевременному увяданию лепестков и изгибу цветоножки [7]. Большое значение имеет также содержание и возможность синтеза сахаров в послеуборочный период. Сахара являются основным источником энергии для всех процессов жизнедеятельности, которые продолжаются и после срезки цветов. Кроме того, сахароза участвует и в регуляторных системах, биосинтезе антоцианов, функционировании антиоксидантных систем [3]. Именно накопление активных форм кислорода совпадает с повреждением мембранных

структур и включением механизмов программированной смерти клеток. Установлено значение антиоксидантных систем в задержке старения срезанных цветов [6].

Достаточно обоснованными и эффективными приёмами сохранения срезки цветов в длительной цепи распределения являются использование пониженных температур и химических препаратов-консервантов. В детальном обзоре мировой литературы за 1970–2015 гг. рассмотрены теоретические исследования и режимы хранения на холоде срезанных цветов роз и других цветочных культур. Особое внимание обращено на эффективные нефитотоксичные химические препараты бактерицидного и антиэтиленового действия [8].

В настоящее время разрабатываются физиологические подходы использования разных источников света для продления послеуборочного периода продукции овощеводства и садоводства. Экспериментальные работы в этом направлении активно представляются в журналах *Postharvest Biology and Technology*, *Plant Physiology and Biochemistry* и вызывают интерес у физиологов растений и практиков.

Повышение внимания к свету связано с его уникальным значением в жизни растения и разработкой узкополосных светодиодных технологий (LED). Свет – не только источник энергии для процесса фотосинтеза, но и регулятор процессов жизнедеятельности. Фотосинтетические пигментные системы высших растений включают хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, каротины и ксантофиллы. Согласно современным представлениям, у растений функционируют, по меньшей мере, еще пять групп фоторецепторов, обеспечивающих ростовые явления, функционирование устьичного аппарата, реакции на внешние воздействия, синтез и аккумуляцию вторичных метаболитов – фенолов, флавоноидов, каротиноидов и антоцианов, включение реакции запрограммированной гибели клеток. К ним относятся рецепторы красного (КС) и дальнего красного света (ДКС) – фитохромы; рецепторы, воспринимающие ультрафиолетовое излучение А-диапазона, синий (СС) и зелёный (ЗС) свет – криптохромы, фототропины, белки семейства *ZEITLUPE*; а также рецептор ультрафиолетового излучения В-диапазона (УФ-В) – белок *UVR8* [1, 21]. Их синтез также является светозависимым. Скорее всего, в растениях функционируют и другие, ещё не известные, фоторецепторы, в том числе, специфичные к зелёному свету [25]. Столь широкий спектр физиологических ответов возможен благодаря взаимодействию систем фоторецепции с гормональными системами растений, а также с сигнальными системами, основанными на продукции АФК в фотосинтетическом аппарате [1].

К настоящему времени накоплен экспериментальный материал по влиянию различных участков спектра на послеуборочную долговечность спаржи [20], брюссельской капусты [15], брокколи [16], черешни [18] и других культур. Настоящая статья посвящена обзору литературы по влиянию интенсивности и спектрального состава света на сохранение декоративных качеств срезанных цветов.

Гвоздика садовая (*Dianthus caryophyllus* L.) является одной из самых популярных срезочных культур, для которой секвенирован геном и накоплен большой экспериментальный материал по участию этилена в старении цветка. В зависимости от этилен чувствительности и надёжности антиоксидантных систем срок жизни в вазе сортов может составлять 5–7 и 15–20 дней [2, 5].

Изучение влияния спектрального состава светодиодных излучателей: красного (RL, пик при 660 нм), синего (BL, пик при 460 нм) и белого (WL, 430–730 нм) показало достоверное увеличение синим и сокращение красным светом продолжительности сохранения декоративных качеств гвоздики [9]. Срок службы в вазе BL-экспонированных цветов был на 5 дней больше, чем у WL-экспонированных. Экспозиция под BL приблизительно удвоила срок службы в вазе по сравнению с экспозицией RL. Эти результаты свидетельствуют о положительном влиянии синего света на сохранение цветков гвоздики. При этом плотность светового потока на уровне цветков устанавливалась  $150 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , фотопериод 12/12 часов, температура  $21 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Проведено детальное изучение водообмена, стабильности мембран, устьичного статуса и состояния фотосинтетических систем, содержания углеводов и каротиноидов в цветках, антиоксидантной активности лепестков. Установлено, что экспозиция на синем свету активизирует водный обмен, увеличивает содержание водорастворимых углеводов в лепестках. Значительное увеличение содержания сахаров в лепестках при BL и WL может быть связано как с сохранением фотосинтетической способности листьев, так и с усилением их транспорта к лепесткам. Принципиальной особенностью действия BL было усиление антиоксидантной активности и снижение окислительного стресса. Концентрация каротиноидов в цветках во время опыта снижалась во всех вариантах, но BL сохранял их содержание на более высоком уровне. Активности супероксиддисмутазы и каталазы были также повышены при экспозиции на BL, в результате лепестки имели более низкое содержание перекиси водорода и малонового альдегида по сравнению с экспозицией на RL и WL. Это привело к снижению перекисного окисления липидов и сохранению целостности мембран. Значение этих факторов – сохранение декоративных качеств

цветов – неоднократно отмечалось в литературе [6, 22]. Эти результаты согласуются с отсроченным влиянием BL на содержание малонового альдегида в плодах земляники при хранении [24]. Среди параметров, на которые оказывали влияние световые воздействия, наибольшая разница наблюдалась между BL и RL, причём WL был промежуточным или близким к BL. Наблюдаемое благотворное влияние BL и, в меньшей степени, WL на жизнь в вазе и антиоксидантные ферменты, по-видимому, связано с процентным содержанием BL в белых светодиодах (41 % в диапазоне 400–500 нм и 18 % в диапазоне 600–700 нм). Однако можно также предположить и что более низкая доля RL вызвала наблюдаемые эффекты.

Продолжением этой работы явилось изучение влияния спектрального состава света в послеуборочный период на гормональный баланс срезки гвоздики [10]. Показано, что синий свет (BL) подавлял экспрессию генов биосинтеза этилена (*DcACS* и *DcACO*), тем самым обеспечивая стабильное состояние мембран и более длительный срок службы в вазе. Красный и белый свет заметно ускоряли старение цветков и повышали экспрессию *DcACS* и *DcACO* на 6 и 10 день оценки жизнеспособности цветков. Экспрессия генов, участвующих в биосинтезе (*DcZEP1* и *DcNCEP1*) и транспорте (*DcABCG25* и *DcABCG40*) АБК и в передаче сигнала этилена (*DcETR* и *DcEin2*), была повышена в течение жизненного цикла цветков независимо от воздействия различного спектрального состава света. К сожалению, работы проведены на одном сорте ‘Moon light’. Вероятно, он обладает классической высокой этилен чувствительностью. В настоящее время известно достаточно много этилен нечувствительных сортов [4]. Было бы интересно изучить влияние спектрального состава света на их долговечность в вазе. Необходимо также обратить внимание на то, что положительное действие синего и отрицательное красного монохроматического или в составе белого получены при достаточно высокой плотности светового потока ( $150 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ). Тогда как показано, что срок службы в вазе гвоздики сорта ‘Master’ продлевалось на 4–5 дней действие монохроматического красного света при низкой плотности ( $50$  и  $90 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ) [17].

Роза (*Rosa hybrida* L.) относится к наиболее изученным декоративным растениям в отношении влияния условий выращивания, в первую очередь водного режима и связанным с ним состоянием устьичного аппарата, на долговечность цветочной продукции. Установлено также, что условия освещения имеют значение для устойчивости к свету высокой интенсивности как стрессовому фактору [12]. Розы сорта ‘Avalanche’ выращивали при различном спектральном составе света, включая

красный (R), синий (B), 70 : 30 % красный : синий (RB), и белый (W). Далее подвергали воздействию света высокой интенсивности (HL 1 500 мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>) в течение 12 часов. Хотя свет является источником энергии для фотосинтеза и регулятором многих процессов жизнедеятельности, он может действовать и как источник стресса. В условиях высокой интенсивности света (HL) нарушается баланс в цепи транспорта электронов, что приводит к образованию активных форм кислорода (АФК). В низких концентрациях АФК действуют как сигнал для индукции защитных реакций, в то время как при высоких концентрациях АФК токсичны и вызывают перекисное окисление липидов клеточных мембран. Показано, что выращивание при монохроматическом освещении снижает способность растений справляться с HL-стрессом. До воздействия HL самая высокая концентрация антоцианов наблюдалась у R- и B-выращенных растений. Защитное действие антоциана хорошо известно. Однако воздействие HL снижало концентрацию антоциана как у R-, так и B-выращенных растений. Активность аскорбатпероксидазы и каталазы снижалась, а активность супероксиддисмутазы повышалась после воздействия HL. Это вызывало увеличение концентрации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и содержания малонового альдегида после воздействия HL. Содержание растворимых углеводов снижалось под воздействием HL, и это снижение было заметно у R- и B-выращенных растений. Таким образом, белый и смешанный свет при выращивании розы обеспечивает более высокую стрессоустойчивость растений, по сравнению с монохроматическим.

На мировом рынке срезанных цветов большой популярностью пользуется Антуриум Андре (*Anthurium andraeanum* Hort.). Срезанный цветок состоит из модифицированного прицветника (покрывала) и стеблевого соцветия (початка) на цветоносе. При этом срезанные цветы некоторых сортов имеют исключительно долгую жизнь в вазе (более 40 дней), тогда как другие менее 15 дней. Многие исследователи связывают эти различия с особенностями водного обмена и содержанием пигментов в покрывале. Так, изучение 17 сортов антуриума показало, что сорта с длительным сроком жизни в вазе (49 дней) быстрее достигали стабильного уровня водопоглощения и поддерживали его в течение более длительного времени, что авторы связывают с содержанием углеводов и надежностью функционирования проводящей системы [13]. Это свидетельствует о значении световых условий выращивания растений. Считается, что оптимальная плотность светового потока при выращивании соответствует 285–380 мкмоль·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>, в то время как срезка имеет лишь небольшую часть этой величины. На реакцию срезанных цветов на свет существенно влияет пигментный состав. В зависимости от сорта

прицветники антуриума содержат один или несколько пигментов. Антоцианы и каротиноиды обеспечивают разнообразную окраску от бледно-жёлтой до коралловой. Хлорофилл хлоропластов палисадной ткани образует зелёные пятна. Расположение этих пигментов в сочетании с толщиной и структурными свойствами тканей определяет общий отражённый свет и окраску прицветников. Установлено, что сорта с низкой плотностью абаксиальных устьиц, высоким уровнем рН, зелёными или белыми пятнами имели самую долгую жизнь в вазе [13].

Sarah Evelin с соавторами [14] проведено детальное изучение влияния освещённости в послеуборочный период на сохранение декоративных свойств двух сортов антуриума 'Spirit' и 'Honduras', которые, как ранее было установлено, имеют короткую  $V_{short}$  и длинную  $V_{long}$  жизнь в вазе, соответственно [13]. Режимы освещения: флуоресцентный свет  $40 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ , светодиоды низкой (Low  $40 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ) и высокой плотности (High  $400 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ). Система светодиодного освещения использовала комбинацию красного, синего и белого света и обеспечивала два пика излучения 450 нм и 675 нм с незначительным светом в зелёной области. В то время как люминисцентные трубки включают ряд пиков в синей, зелёной и жёлтой областях, но дают незначительный свет в красной области. Во всех вариантах использовался 12-часовой режим освещения. Для  $V_{long}$  и  $V_{short}$  поглощение воды было постоянно выше при высоком уровне освещения. Тем не менее высокая плотность фотонов не увеличивала долговечность  $V_{short}$ . Возможно, что высокое водопоглощение даёт преимущество только в сочетании с другими параметрами водных отношений в прицветнике. На розе, например, показано, что длительная жизнь в вазе при высокой фотосинтетически активной радиации была связана с меньшим поглощением воды [15]. Окраска прицветников у изученных сортов  $V_{long}$  и  $V_{short}$  определяется двумя антоцианами – пеларгонидин-3-рутинозидом и цианидин-3-рутинозидом, которые находятся исключительно в гиподермальных слоях абаксиальной и адаксиальной поверхностей.  $V_{long}$  имеет более высокий уровень антоцианов и содержит также хлорофилл, что придаёт очень тёмно-красный цвет покрывалу. У  $V_{long}$  на более поздних стадиях развития цветка установлено более высокое поглощение красного света, особенно на светодиодах High, меньше под светодиодами Low и затем под флуоресцентными лампами. Это указывает на увеличение содержания хлорофилла у  $V_{long}$ , что, по-видимому, противоречит тому, что ожидается во время старения. Накопление хлорофилла у  $V_{long}$  шло с большей скоростью под светодиодами с высокой плотностью фотонов. Вероятно, именно большая

доступность фотосинтетически активной радиации в сочетании со способностью к повторному позеленению позволило увеличить доступность углеводов и, в свою очередь, продлить срок жизни в вазе при высокой интенсивности света, наблюдаемым у Vlong. Свет высокой интенсивности может найти применение для повышения срока службы срезанных цветов. Для селекционного отбора это – важное различие между сортами, поскольку повторное позеленение срезанных цветов связано с конечной стадией деградации цветка и может быть основой долговечности жизни в вазе, подобно тому, как долгое сохранение листьев зелёными позволяет продлить вегетационный период у некоторых полевых культур.

Серьёзной проблемой транспортировки и хранения антуриума являются низкотемпературные повреждения. Поэтому представляет особый интерес исследование возможности использования света для снятия низкотемпературного стресса [11]. В опыте использованы два сорта: ‘Calore’ с красным и ‘Angel’ – с белым покрывалом. Эти сорта относятся к группе Vlong с длительной жизнью в вазе, но являются очень чувствительными к действию пониженных температур, особенно сорт ‘Angel’. Срезку проводили на стадии коммерческого сбора урожая, когда 40–50 % настоящих цветков в початке полностью открылись. Отделения для световой обработки располагались в климатической комнате с относительной влажностью 80–81 % и температурой 4 °С. Изучалось непрерывное действие света с плотностью потока фотосинтетических фотонов  $125 \pm 5 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  с разными световыми спектрами, включающими белый (W), синий (B), красный (R) и 70 % R + 30 % B (RB), обеспечиваемые производственными модулями светодиодов. Контролем служила тёмная камера (D). После 14 дней воздействия B-спектра покров и початок сорта ‘Angel’ стали тёмно-коричневыми. У ‘Calore’ в условиях D, B и RB был более короткий срок жизни в вазе по сравнению с экспонированием в спектрах R и W. Эти результаты показывают, что красный свет может продлить жизнь в вазе срезанных цветов антуриума в холодных условиях, и что срок службы в вазе зависит от доли синего света в общем спектре: чем больше синего, тем короче жизнь в вазе. В целом реакция на послеуборочные световые условия у двух сортов были сопоставимы и связаны как с влиянием на устьичную проводимость покрывала, так и с накоплением активных форм кислорода, следствием чего было изменение водного статуса и целостности мембран. Анализ данных свидетельствует о том, что в условиях пониженной температуры именно с окислительным стрессом и утратой целостности мембран связано отрицательное влияние высокого содержания спектра B

в световом потоке. Однако необходимы дальнейшие исследования влияния интенсивности и спектрального состава световых потоков, чтобы найти практическое решение низкотемпературного хранения разных сортов антуриума.

Изучение сортовых различий хризантемы в реакции на световые обработки при  $100 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  и фотопериоде 14 часов с использованием светодиодов 100 % красный (R), 100 % синий (B), 75 % красный и 25 % синий (RB), и белый (W). Синий свет индуцировал самое высокое содержание перекиси водорода, которое является показателем общего образования АФК, за ним следовали W и RB, в то время как низкое содержание было обнаружено при красном свете. Внутривидовая вариация была наиболее выражена для содержания общих фенольных и флавоноидных соединений [20].

Выращивание и дальнейшее хранение горшечной хризантемы сорта 'Letucia Time Yellow' при более низком квантовом облучении ( $30 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ) при белом, синем, зелёном, жёлтом и красном флуоресцентном освещении показало, что синий свет и белый свет наиболее благоприятны для развития и окрашивания соцветий, а также дальнейшей долговечности. Утрата декоративных качеств в послеуборочный период раньше наступала при жёлтом и красном освещении. Положительное действие синего света при выращивании горшечных культур связано с анатомическим строением листьев и их более высокой квантовой эффективностью [26].

Отсутствие освещения в послеуборочный период неблагоприятно сказывается на сохранении декоративных качеств. Так, при изучении трёх генотипов хризантемы, отличающихся по обесцвечиванию соцветий в темноте, оказалось, что существующие сортовые различия объясняются не содержанием углеводов, а дыхательным газообменом и функционированием электронтранспортных цепей. У чувствительного и промежуточно чувствительного генотипов по сравнению с нечувствительным наблюдалось более резкое ограничение митохондриальной цепи транспорта электронов и окислительный стресс. Содержание фенилпропаноидов и флавоноидов также увеличивалось при углеводном голодании, и реакция была специфичной для генотипа. Активирование метаболизма флавоноидов во время углеводного голодания может играть существенную роль в регуляции азотного обмена и предотвращении образования аммиака. Изучение генотипических различий имеет большое значение для селекционной работы на повышение устойчивости срезанных цветов (23).



В последние годы становится популярной культура гиацинта (*Hyacinthus orientalis* L.) на срез. Качество продукции срезанных гиацинтов определяется долговечностью цветков и длиной цветоноса. Изучение влияния качественного состава света при световом потоке  $20 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  в течение 9 часов в сутки показало, что красно-синий и белый свет увеличивает долговечность сорта 'Anna Marie' на 1,5 дня по сравнению с красным светом, у сорта 'Blue Star' красно-синий свет имел преимущество перед белым светом. Масса побегов не зависела от освещения, красный свет увеличивал длину побегов. Не наблюдалось различий в сохранении декоративных качеств в послеуборочный период при применении люминесцентных и светодиодных светильников. Авторы делают заключение о преимуществе использования светодиодов как более экономичных источников света [19].

Подводя краткий итог обзора литературы, можно сделать вывод, что углубление знаний послеуборочной физиологии цветочных культур стимулировало разработку приёмов продления жизни срезанных цветов путём создания регулируемой световой среды. В настоящее время идёт активное накопление экспериментального материала в этой области. Развитие светодиодной технологии обеспечило появление эффективного и надежного источника излучения высокой интенсивности. Использование белых и комбинаций узкополосных светодиодов открывает широкие перспективы для сохранения качества цветочной продукции как при низкотемпературном хранении, так и в торговых помещениях.

#### Библиографический список

1. Войцеховская О.В. Фитохромы и другие (фото) рецепторы информации у растений // Физиология растений. – 2019. – Т. 66. – № 3. – С. 163-177. – <https://doi.org/10.1134/S0015330319030151>.
2. Панфилова О.Ф., Пильщикова Н.В. Жизнь в вазе срезанных цветов гвоздики садовой и альстромерии // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2014. – Вып. 51. – С. 248-255. – ISSN 2225-3068.
3. Панфилова О.Ф., Пильщикова Н.В. Апоптоз в жизни срезанных цветов // Экономика и управление народным хозяйством. Состояние и перспективы развития современной науки: социально-экономические и естественнонаучные исследования: сборник статей IX Международной научно-практической конференции / под редакцией Б.Н. Герасимова. – Пенза: ПДЗ. – 2016. – С. 82-85. – ISBN 978-5-8356-1627-5.
4. Пильщикова Н.В., Панфилова О.Ф. Чувствительность к этилену и регуляция старения лепестков гвоздики и альстромерии // Доклады ТСХА. – 2016. – Вып. 288. – Ч. I. – С. 68-72. – ISBN 978-5-9675-1468-5.
5. Панфилова О.Ф., Пильщикова Н.В. Физиологические подходы задержки старения лепестков в связи с жизнью в вазе срезанных цветов // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2019. – Вып. 68. – С. 190-196. – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2019-68-190-196>.

6. Панфилова О.Ф., Пильщикова Н.В. Антиоксидантные свойства декоративных растений // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – Вып. 73. – С. 142-149. – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-73-142-149>.
7. Пильщикова Н.В., Панфилова О.Ф. Послеуборочная физиология и старение срезанных цветов // Известия ТСХА. – 2020. – Вып. 4. – С. 5-17. – <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-4-5-17>.
8. Рындин А.В., Лях В.М. Хранение и продление жизни срезанных цветов роз и других цветочных культур (обзор) // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2016. – Вып. 58. – С. 145-161. – ISSN 2225-3068.
9. Aalifar M., Aliniaefard S., Arab M., Mehrjerdi M.Z., Daylami Sh.D., Serek M., Woltering E., Tao Li Blue Light Improves Vase Life of Carnation Cut Flowers Through Its Effect on the Antioxidant Defense System // *Frontiers in Plant Science*. – 2020. – Vol. 11. – Article 511. – <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00511>.
10. Aalifar M., Aliniaefard S., Arab M., Mehrjerdi M.Z., Serek M. Blue light postpones senescence of carnation flowers through regulation of ethylene and abscisic acid pathway-related genes // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2020. – Vol. 151. – P. 103-112. – <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.03.015>.
11. Aliniaefard S., Daylami Sh.D., Falahi Z., Tao Li, Woltering E. Postharvest Spectral Light Composition Affects Chilling Injury in Anthurium Cut Flowers // *Frontiers in Plant Science*. – 2020. – Vol. 12. – <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00846>.
12. Bayat L., Arab M., Aliniaefard S., Seif M., Lastochkina O., Li Tao. Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants. *AoB Plants*. – 2018. – Vol. 10. – Issue 5. – <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply052>.
13. Elibox W., Umaharan P. Cultivar differences in the deterioration of vase-life in cut-flowers of *Anthurium andraeanum* is determined by mechanisms that regulate water uptake // *Scientia Horticulturae*. – 2010. – Vol. 124. – Issue 1. – P. 102-108. – <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.005>.
14. Evelyn S., Farrell A.D., Elibox W., De Abreu K., Umaharan P. The impact of light on vase life in (*Anthurium andraeanum Hort.*) cut flowers // *Postharvest Biology and Technology*. – 2020. – Vol. 159. – P. 216. – <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110984>.
15. Hasperué J.H., Rodoni L.M., Guardianelli L.M., Chaves A.R., and Martínez G.A. Use of LED light for Brussels sprouts postharvest conservation // *Sci. Hortic.* – 2016. – Vol. 213. – P. 281-286. – <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.004>.
16. Hasperué J.H., Guardianelli L.M., Rodoni L.M., Chaves A.R., Martínez G.A. Continuous white-blue LED light exposition delays postharvest senescence of broccoli // *LWT – Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 65. – P. 495-502. – ISSN 0023-6438.
17. Heo J.W., Chakrabarty D., Paek K.Y. Longevity and quality of cut ‘Master’ carnation and ‘Red Sandra’ rose flowers as affected by red light // *Plant Growth Regulation*. – 2004. – Vol. 42. – P. 169-174. – <https://doi.org/10.1023/B:GROW.0000017473.38659.12>.
18. Kokalj D., Zlatić E., Cigić B., Vidrih R. Postharvest light-emitting diode irradiation of sweet cherries (*Prunus avium* L.) promotes accumulation of anthocyanins // *Postharvest Biology and Technology*. – 2019. – Vol. 148. – P. 192-199. – <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.11.011>.
19. Krzysińska A., Karasiewicz M. Postharvest longevity of cut hyacinths depending on light colour and types of lamps // *Nauka Przyroda Technologie*. – 2017. – Vol. 11. – № 1. – P. 55-64. – <https://doi.org/10.17306/J.NPT.00175>.

20. Mastropasqua L., Tanzarella P., Paciolla C. Effects of postharvest light spectra on quality and health-related parameters in green *Asparagus officinalis* L. // Postharvest Biol. Technol. – 2016. – Vol. 112. – P. 143-151. – <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.10.010>.
21. Mishra S., Khurana J.P. Emerging roles and new paradigms in signaling mechanisms of plant cryptochromes // Crit. Rev. Plant Sci. – 2017. – Vol. 36. – P. 89-102. – <https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1348725>.
22. Ouzounis Th., Fretté X., Rosenqvist E. Ottosen C-O. Spectral effects of supplement lighting on the secondary metabolites in roses, chrysanthemums and campanulas // J. Plant Physiol. – 2014. – Vol. 71. – P. 1491-1499. – <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.06.012>.
23. Van Geest G., Choi Y. H., Arens P., Post A., Liu Y., van Meeteren U. Genotypic differences in metabolomic changes during storage induced-degreening of chrysanthemum disk florets // Postharvest Biol. Technol. – 2016. – Vol. 115. – P. 48-59. – <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.12.008>.
24. Xu F., Shi L., Chen W., Cao S., Su X. and Yang Z. Effect of blue light treatment on fruit quality, antioxidant enzymes and radical-scavenging activity in strawberry fruit // Sci. Hortic. – 2014. – Vol. 175. – P. 181-186. – <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.06.012>.
25. Zhang T., Maruhnich S.A., Folta K.M. Green light induces shade avoidance symptoms // Plant Physiol. – 2011. – Vol. 157. – P. 1528-1536. – <https://doi.org/10.1104/pp.111.180661>.
26. Zheng L., and Van Labeke M.-C. Long-term effects of red-and blue-light emitting diodes on leaf anatomy and photosynthetic efficiency of three ornamental pot plants // Front. Plant Sci. – 2017. – Vol. 8. – P. 917. – <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00917>.

### POSTHARVEST LONGEVITY OF CUT FLOWERS DEPENDING ON THE LIGHTING CONDITIONS

**Panfilova O.F., Pilshchikova N.V.**

*Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University –  
K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy",  
Moscow, Russia, e-mail: sad200805@mail.ru*

The review paper discusses the problems of postharvest aging and the prospects for using an adjustable light environment to preserve the commercial qualities of flower products. It is noted that the loss of decorative qualities is primarily associated with the aging of the petals, an important factor of which is antioxidant systems' state and the preservation of membranes' integrity. The influence of the light flux density and the light spectral composition on the state of cut carnations, roses, anthurium, chrysanthemums and hyacinths is analyzed. The prospects of using white and combinations of narrow light-emitting diodes in low-temperature storage and in trading halls are shown.

**Key words:** antioxidants, ornamental plants, longevity, postharvest senescence, light-emitting diodes (LED), light spectrum, cut flowers, ethylene.