

Научная статья/Research Article

УДК 631.17

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-48-57

Ольга Николаевна Будаговская^{1✉}, Ирина Ивановна Козлова²^{1,2}ФНЦ им. И.В. Мичурина, Мичуринск, Тамбовская область, Россия¹Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Тамбовская область, Россия¹budagovsky@mail.ru²koziriv@yandex.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАТЕНЯЮЩИХ ЗАЩИТНЫХ СЕТОК НА ЦВЕТ ЯГОД И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

Цель исследований – определение влияния защитных сеток черного и светло-салатового цвета на микроклимат, цвет плодов и фотосинтетическую активность листьев земляники садовой фотонейтрального дня (сорт Мурано) в условиях открытого грунта умеренно континентального климата. Полевые опыты проводили на экспериментальных участках ФНЦ, расположенных в пределах Центрального черноземного района (ЦЧР) (52°88' с.ш. и 40°46' в.д.). Почва на опытном участке характеризуется как чернозем обыкновенный, сильно выщелоченный суглинистый, тяжелого гранулометрического состава. Схема полевого опыта включала варианты с использованием защитных сеток и без них. Сети устанавливали в наиболее жаркий, солнечный и сухой период 2023 г. – с 8 августа по 7 сентября. В процессе вегетации определяли общую освещенность, температуру и влажность воздуха, фотосинтетическую активность листьев, цвет ягод, общий вес плодов с растения, среднюю массу ягод, содержание сухих веществ. В климатических условиях ЦЧР кратковременное использование защитных сетей с коэффициентом поглощения солнечного излучения 10–24 % (без модификации спектрального состава проходящего света) не оказывает неблагоприятного воздействия на жизнедеятельность растений земляники садовой с длительным плодоношением. Незначительное ослабление фотосинтетической активности листьев земляники, произрастающих под сетями, по сравнению с контрольными растениями объясняется снижением уровня солнечного излучения. Но оно не оказывает существенного влияния на окраску, урожайность и качество плодов. В сложившихся на период проведения эксперимента климатических условиях более благоприятно растения развивались под светло-салатовой защитной сеткой с коэффициентом поглощения солнечного излучения не более 12 %.

Ключевые слова: *Fragaria × ananassa* D, затеняющие сетки, цвет ягод, фотосинтетическая активность листьев земляники, качество плодов земляники, продуктивность земляники

Для цитирования: Будаговская О.Н., Козлова И.И. Оценка влияния затеняющих защитных сеток на цвет ягод и фотосинтетическую активность листьев земляники садовой // Вестник КрасГАУ. 2025. № 10. С. 48–57. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-48-57.

Финансирование: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Измерения проводили с помощью приборов ФНЦ им. И.В. Мичурина и Центра коллективного пользования научным оборудованием Мичуринского государственного аграрного университета.

Olga Nikolaevna Budagovskaya^{1✉}, Irina Ivanovna Kozlova²^{1,2}FSC named after I.V. Michurin, Michurinsk, Tambov Region, Russia¹Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Tambov Region, Russia¹budagovsky@mail.ru²koziriv@yandex.ru

**ASSESSMENT OF THE SHADING PROTECTIVE NETS EFFECT ON BERRY COLOR
AND STRAWBERRY LEAVES PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY**

The aim of the study is to determine the effect of black and light green protective nets on the microclimate, fruit color, and photosynthetic activity of photoneutral day garden strawberries (Murano variety) in open ground conditions of a temperate continental climate. Field experiments were conducted on experimental plots of the FSC located within the Central Black Earth Region (CCR) (52°88' N and 40°46' E). The soil on the experimental plot is characterized as ordinary chernozem, highly leached loamy, with a heavy particle size distribution. The field experiment design included variants with and without the use of protective nets. The nets were installed during the hottest, sunniest, and driest period of 2023 – from August 8 to September 7. During the growing season, general illumination, air temperature and humidity, photosynthetic activity of leaves, berry color, total fruit weight per plant, average berry weight, and dry matter content were determined. In the Central Black Earth Region's climatic conditions, short-term use of protective nets with a solar absorption coefficient of 10–24 % (without modifying the spectral composition of transmitted light) has no adverse effects on the viability of long-bearing strawberry plants. A slight decrease in the photosynthetic activity of strawberry leaves grown under the nets, compared to control plants, is explained by the reduced solar radiation level. However, this does not significantly affect the color, yield, or quality of the fruit. Under the prevailing climatic conditions during the experiment, plants developed more favorably under light green protective netting with a solar absorption coefficient of no more than 12 %.

Keywords: *Fragaria × ananassa D, shade nets, berry color, strawberry leaf photosynthetic activity, strawberry fruit quality, strawberry productivity.*

For citation: Budagovskaya ON, Kozlova II. Assessment of the shading protective nets effect on berry color and strawberry leaves photosynthetic activity. *Bulletin of KSAU*. 2025;(10):48-57. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-48-57.

Funding: this work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under a State Assignment to the I.V. Michurin FRC. Measurements were conducted using equipment from the I.V. Michurin FRC and the Center for Shared Use of Scientific Equipment at Michurin State Agrarian University.

Введение. Земляника садовая имеет существенную экономическую значимость среди ягодных культур, выращиваемых в России, что связано с высоким покупательским спросом на первые ягоды в сезоне, а также с их пищевой и антиоксидантной ценностью и благотворным влиянием на здоровье человека [1–4]. В последние годы повсеместно наблюдаются периоды с экстремально высокими температурами воздуха и повышенной интенсивностью ФАР и ультрафиолетового излучения, которые в сочетании с суховейным ветром приводят к торможению процессов роста и развития растений [5–6]. Тепловые повреждения влияют на урожайность земляники садовой не только в течение текущего вегетационного периода, но и следующего сезона, поскольку процессы морфогенеза зависят от температурных условий [7]. Избыточная освещенность и высокая температура приводят к развитию солнечных ожогов – физиологическому расстройству в виде повреждения эпидермиса плодов и нижележащих тканей, что сни-

жает выход товарных плодов и приводит к существенным экономическим потерям для производителей [8]. В связи с этим в садоводстве для защиты растений от избыточного солнечного излучения, града, сильного ветра все чаще используют противогородовые и затеняющие сетки [9, 10]. Защитные сетки в первую очередь уменьшают количество падающего на растения света, а при использовании цветных сеток изменяется и его спектральный состав. Также защитная сетка снижает скорость ветра и поэтому может влиять на температуру и влажность воздуха и почвы. Известны работы, показывающие, что длительное использование сеток с высокой степенью затенения уменьшает урожайность плодов [11–13]. Это обусловлено снижением суммарной освещенности, тем большим, чем плотнее сетка и выше доля пасмурных дней. В связи с этим обсуждается вопрос эффективности использования затеняющих сеток на плантациях земляники садовой для сортов с длительным плодоношением.

Цель исследования – изучить влияние защитных сеток черного и светло-салатового цвета на микроклимат, цвет плодов и фотосинтетическую активность листьев земляники садовой фотонейтрального дня (сорт Мурано) в условиях открытого грунта умеренно континентального климата.

Задачи: определение светопропускной способности сеток, общей освещенности, температуры и влажности в открытом грунте и под укрытиями; анализ изменения цвета ягод и фотосинтетической активности листьев в контрольных и опытных вариантах; оценка веса плодов и содержания в них сухих веществ.

Объекты и методы. Исследование проводили в вегетационный сезон 2023 г. на экспериментальном участке ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина» (Мичуринск, Тамбовская обл.) с растениями земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) сорта Murano, посаженных рассадой «фриго» весной текущего года. Это сорт фотонейтрального дня, имеет несколько периодов плодоношения за один сезон и по результатам технологического изучения рекомендован для возделывания и производства плодов высокого товарного качества (рис. 1) [14].



Рис. 1. Плоды земляники садовой сорта Мурано фотонейтрального дня
Strawberry fruits of the Murano photoneutral day variety

Растения земляники садовой выращивали на грядах, замульчированных серебристой на черном пленкой плотностью 40 мк (Испания) и сориентированных с севера на юг. Почва на опытном участке характеризуется как чернозем обыкновенный, сильно выщелоченный суглинистый, тяжелого гранулометрического состава. Полив и питание комплексными минеральными удобрениями насаждений проводили по одной схеме для всех вариантов в течение вегетационного сезона и осуществляли с помощью капельных линий «Гидролайф» и специального оборудования для фертигации.

По данным Тамбовского ЦГМС – филиала ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС», летний период вегетационного сезона 2023 г. характеризовался в целом как умеренно теплый и отличался более высокими температурами по сравнению со среднемноголетними значениями только в первой декаде июля (на 2,0 °C) и вто-

рой и третьей декадах августа (на 4,6 °C). В целом шесть декад лета были прохладные, с пониженным температурным фоном на 0,1–3,7 °C. Но наряду с этим отмечались периоды с очень высокими максимальными температурами в июне (27,1–28,4 °C), июле (27,9–32,2 °C) и особенно августе (26,6–32,8 °C). Также следует отметить нерегулярное и недостаточное выпадение осадков во второй и третьей декадах июня (47–72 % от среднедекадной нормы), июля (48–31 %) и с первой по третью декадах августа (62–12 %) соответственно. Относительная влажность воздуха имела показатели несколько ниже по сравнению со среднемноголетними значениями за период с июня по сентябрь – на 1,6–23,0 %.

В исследованиях применяли два вида сеток: черную (ЧС) и светло-салатовую (ССС), которые были установлены на дугах на высоте 70 см над растениями с 8 августа по 7 сентября

(рис. 2). Этот период характеризовался как наиболее жаркий, солнечный и сухой за вегетационный сезон 2023 г. Черная сетка (ЧС) Carbolux и светло-салатовая сетка (ССС) Maxilux (Helios, Италия) с ячейками $2,8 \times 8,0$ мм изготовлены из светостабилизированного по-

лиэтиленового моноволокна высокой плотности диаметром 0,32 мм. Тип плетения и цвет волокна: плетение «английское качество», черный цвет волокна у ЧС; плетение Leno Weave, комбинация волокон прозрачного и светло-зеленого цвета у СССР.



Рис. 2. Установленные защитные сетки над растениями земляники садовой (слева – черная, справа – светло-салатовая)
Protective nets installed over strawberry plants (left – black, right – light green)

Оценку светопропускной способности сеток в спектральных областях ФАР и УФ осуществляли с помощью спектрофотометра «ТКА-Спектр (ФАР)» (Санкт-Петербург, Россия) и УФ-радиометра «ТКА-ПКМ-06» (Санкт-Петербург, Россия) на расстоянии 0,3 м от навеса (на уровне средней высоты растений) в полдень солнечного дня.

Общую освещенность, температуру и влажность воздуха измеряли УФ-радиометром «ТКА-ПКМ-06» (Санкт-Петербург, Россия).

Растворимые сухие вещества в плодах оценивали с помощью портативного рефрактометра марки PAL-1BLT/A+W (ATAGO, Япония).

Суммарный вес плодов с растения и массу отдельных ягод измеряли электронными весами «МЕТР-2», с точностью 0,1 г (Mercury WP Tech Groop Co.LTD, Корея).

Для оценки цвета ягод использовали портативный спектроколориметр CM700d/600d (Konica Minolta, Япония). Определяли координаты цветности $L^*a^*b^*$, где L^* – светлота, a^* – цветность по оси от зеленого (–100) до красного (+100), b^* – цветность по оси от синего (–100) до желтого (+100). Также дополнительно рассчитывали угол

цветового оттенка $H = \arctan(b^*/a^*)$ и цветовую насыщенность $C^*_{ab} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$. Были измерены значения цвета на 20 плодах типичного для данного сорта размера на наиболее окрашенной стороне – по 1 замеру на плод.

О фотосинтетической активности листьев судили по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла (МИФХ), возбуждаемой на длине волны 465 нм и регистрируемой в течение 60 с в диапазоне длин волн 680–760 нм. Для измерений использовали здоровые листья без каких-либо дефектов, выбирая зоны между крупными жилками. После часовой темновой адаптации листьев с помощью портативного хлорофилл-флуориметра LPT-3R (Россия), регистрировали максимальный (F_m) и стационарный (F_T) уровни флуоресценции и рассчитывали показатель удельной фотосинтетической активности Y [54, 16]:

$$Y = (F_m - F_T) / F_m .$$

Различия между вариантами оценивали с помощью дисперсионного анализа, статистическая значимость была проверена для $P = 0,05$.

В таблицах и графиках данные представлены как средние арифметические значения и их стандартные ошибки по результатам обработки от 8 до 20 повторностей на вариант в зависимости от типа измерений. Обработку данных проводили с помощью программы MS Excel. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента для $P < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Абсолютные значения солнечной радиации, зарегистрированные в период проведения эксперимента в полдень безоблачного дня, показали значения ФАР (400–700 нм) на уровне 360–480 мкмоль·м⁻²·с⁻¹. В пасмурные дни максимальные значения колебались в пределах 70–180 мкмоль·м⁻²·с⁻¹. В обоих случаях зарегистрированные значения были существенно ниже точки светового насыщения фотосинтеза, которое для земляники садовой при

оптимальных температурах и концентрации CO₂ составляет 1000–1400 мкмоль·м⁻²·с⁻¹ (~495–690 Вт/м²) [17]. Коэффициенты светопропускания сетей, рассчитанные как отношение интенсивности прошедшего сквозь сети света к падающему, определяли для 5 спектральных диапазонов солнечного излучения: ультрафиолетового – УФ А+В (280–400 нм); синего (400–500); зеленого (500–600); красного (600–700); дальне-красного (700–790 нм) (табл. 1). Анализ данных показывает, что ни черная, ни светло-салатовая сетки не изменяют спектральные характеристики солнечного излучения, а лишь несколько уменьшают его интенсивность: черная – на 20–21 %, а светло-салатовая – на 11–12 % во всех диапазонах ФАР и УФ. И только в дальне-красном диапазоне обе сетки имеют примерно одинаковый коэффициент светопропускания – 75–77 %.

Таблица 1

Коэффициенты светопропускания затеняющих сетей, %
Light transmission coefficients of shading networks, %

Тип сети	Спектральный диапазон				
	УФИ А+В (280–400 нм)	Синий (400–500 нм)	Зеленый (500–600 нм)	Красный (600–700 нм)	Дальне-красный (700–790 нм)
Черная	79,55±0,82	79,29±0,75	79,27±0,873	79,16±0,78	77,05±0,94
Светло-салатовая	88,13±1,45	88,37±1,15	88,24±1,07	89,00±2,62	75,49±2,64

Тем не менее даже такое незначительное снижение освещенности повлияло на фотосинтез растений земляники (рис. 3). Уже через 15 сут после установления сетей удельная фотосинте-

тическая активность листьев незначительно, но уменьшилась: в варианте ЧС – на 3,9 % и в варианте ССС – на 2,4 %.

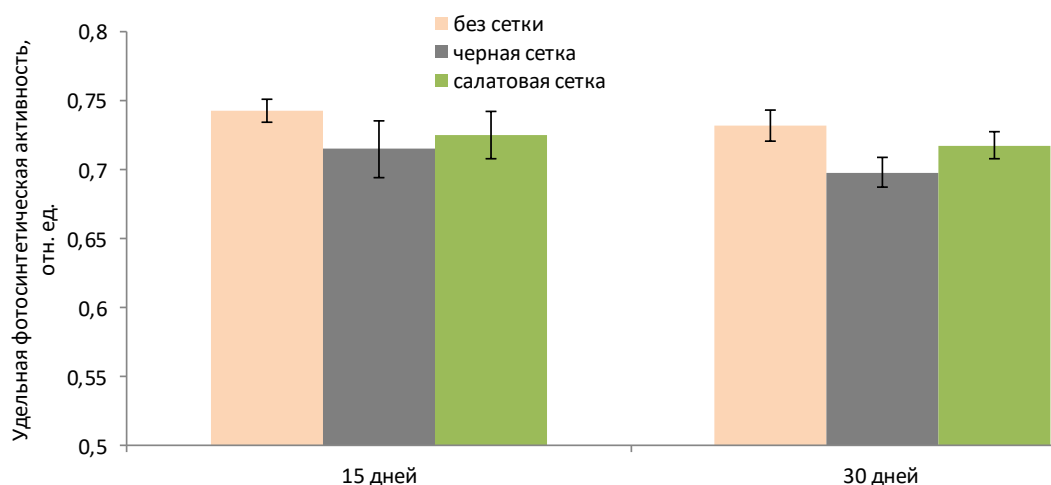


Рис. 3. Удельная фотосинтетическая активность листьев земляники сорта Мурано в зависимости от типа защитной сети и длительности укрытия
Specific photosynthetic activity of strawberry leaves of Murano variety depending on the type of protective net and the duration of the shelter

Достоверность различий по сравнению с контрольными растениями, произрастающими на солнце, составила соответственно 0,88 и 0,82. Через 30 сут эти различия подтвердились и закрепились с увеличением достоверности за счет как изменения абсолютных значений, так и снижения вариабельности данных в группе опытных растений под сетками. Как и следовало ожидать, наиболее ярко проявляется негативное влияние черной сети, у которой выше коэффициент ослабления солнечного излучения. Через месяц вегетации активность фотосинте-

тических процессов у земляники под данной сетью снизилась почти на 5 % с высокой достоверностью различий по сравнению с контролем (0,98).

Влияние сеток на освещенность, температуру и влажность

Данные о влиянии сеток на освещенность (Е), температуру (t) и влажность (RH) воздуха над пологом насаждений земляники садовой представлены в таблице 2. Измерения проводили в 8 часов утра и в полдень.

Таблица 2

Влияние защитных сеток на освещенность, температуру и влажность воздуха
The effect of protective nets on illumination, temperature and humidity

Вариант опыта	8 часов, 18.08.2023 (переменная облачность)			12 часов, 18.08.2023 (переменная облачность)		
	Е, Клк	t, °C	RH, %	Е, Клк	t, °C	RH, %
Контроль	38,82±2,6	28,1±0,26	61,3±0,77	77,45±5,12	39,8±0,26	34,90±0,72
ЧС	29,83±5,3	29,88±0,27	57,45±1,17	59,48±5,0	39,03±0,47	39,80±1,32
ССС	34,94±3,2	28,97±0,095	57,1±0,70	70,22±2,4	34,22±0,93	47,33±2,67

Температура утром в опытных насаждениях была примерно на 1–2 градуса выше, чем в контроле, при меньшей влажности (на 4 %). В полдень, наоборот, под сетями несколько прохладнее, чем в контроле, при существенном приросте влажности за счет транспирации (на 5–6 %), которая задерживается сетью. При этом эффект поддержания более комфортной температуры и влажности наиболее сильно выражен в насаждениях земляники, растущей под светло-салатовой сетью.

Влияние сеток на цвет плодов

Анализ цвета плодов земляники проводили через 38 сут после установки сетей (13 сентября). Практически все оцениваемые параметры для контроля цвета идентичны у всех вариантов опыта (табл. 3). Достоверность различий незначительная (менее 0,8), что позволяет говорить о том, что снижение освещенности под сетками, вызывающее некоторое ослабление фотосинтетической активности листьев, не привело к

значительной модификации окраски ягод. Известно, что биосинтез антоцианов (в частности пеларгонидина-3-глюкозида, определяющего красный оттенок плодов) в первую очередь зависит от доступности углеводов, синтез которых, в свою очередь, определяется освещенностью, температурой и концентрацией углекислого газа [18]. Небольшое (менее 5 %) снижение удельной фотосинтетической активности, по всей видимости, или компенсируется достаточной площадью листьев, или не является лимитирующим. Незначительное, хотя и достоверное ($P > 0,92$) влияние черной сети на изменение окраски плодов можно выявить только по показателю Н (угол цветового оттенка), который на 6,5 % выше, чем у плодов, собранных на контрольных участках или под светло-салатовой сетью. Более высокие значения Н говорят о меньшей зрелости плодов. Но такие различия недоступны для глазомерной оценки, и визуально их обнаружить невозможно.

Таблица 3

Параметры цвета плодов земляники садовой, собранных через 38 суток после установки защитных сетей
Color parameters of strawberry fruits harvested 38 days after installation of protective nets

Вариант опыта	L^*	a^*	b^*	Н, радиан	C^*_{ab}
Контроль	36,72±0,88	40,11±0,732	24,54±0,898	0,60±0,014	47,1±0,88
Черная сетка	34,47±0,59	40,76±0,58	25,64±0,98	0,64±0,014	48,25±0,75
Светло-салатовая сетка	35,17±0,62	40,77±1,23	24,46±1,13	0,60±0,018	47,71±1,22

Одним из основных критериев коммерческой целесообразности применения новых технологических приемов при возделывании земляники садовой является продуктивность растений и качество плодов (табл. 4). Анализ полученных данных опыта на все даты сбора выявил, что наличие защитных сетей повлияло на продуктивность растений земляники садовой. Однако существенное различие по этому показателю установлено только в двух вариантах – при созревании 9 и 13 сентября – 121,4–124,3 и 129,2–124,9 % соответственно, а также 10 августа в варианте со светло-салатовой сеткой (134,9 %).

Данные по содержанию сухих веществ в плодах земляники, которые сформировались с применением защитных сетей, показали, что по всем датам созревания плодов выделяется вариант с использованием светло-салатовой сетки (от 8,3 до 11,0 Брикс), однако существенность различий выявлена только 13 сентября как со светло-салатовой сеткой (117,0 %), так и с черной (118,4 %).

В результате проведенных экспериментов не установлено существенного влияния применения защитных сеток различных цветов на массу плодов, показатели которой были несколько выше контроля или на уровне контроля (табл. 4).

Таблица 4

**Продуктивность растений и качество плодов земляники садовой
при применении защитных сеток на сорте Мурано
Plant productivity and fruit quality of garden strawberries
when using protective nets on the Murano variety**

Вариант	Дата сбора плодов и проведения измерений											
	10 августа (2 дня после установки сетей)			23 августа (15 дней после установки сетей)			9 сентября (32 дня после установки сетей)			13 сентября (6 дней после снятия сетей)		
	Вес, г/растение	Масса ягод, г	Сухие вещества, Брикс	Вес, г/растение	Масса ягод, г	Сухие вещества, Брикс	Вес, г/растение	Масса ягод, г	Сухие вещества, Брикс	Вес, г/растение	Масса ягод, г	Сухие вещества, Брикс
Контроль	104,1	17,0	8,2	231,6	13,5	7,9	207,5	12,1	9,6	197,5	13,8	9,4
СС сетка	140,4	17,4	8,3	227,7	14,3	9,6	251,8	12,8	10,7	255,1	13,6	11,0
Черная сетка	117,1	16,9	7,7	257,9	13,3	8,5	257,9	12,5	8,4	246,7	15,2	11,1
НСР ₀₅	24,55	Fф < Fst	Fф < Fst	Fф < Fst	Fф < Fst	Fф < Fst	20,70	Fф < Fst	Fф < Fst	18,36	Fф < Fst	0,60

Заключение. Опыт кратковременного использования (в период с 8 августа по 7 сентября 2022 г.) защитных сетей черного и светло-салатового цвета с коэффициентами поглощения солнечного излучения 21 и 12 % соответственно (без изменения его спектральных свойств) на плантациях земляники садовой сорта Мурано показал, что они не оказали существенного влияния на микроклимат и цвет плодов. Незначительное ослабление фотосинтетической активности листьев земляники, произрастающих под сетями, по сравнению с контрольными растениями объясняется снижением уровня солнечного излучения. Но оно не оказывает существенного

влияния на окраску, урожайность и качество плодов. В сложившихся на период проведения эксперимента климатических условиях более благоприятно сказалось применение светло-салатовой защитной сетки с коэффициентом поглощения солнечного излучения не более 12 %. Таким образом, в климатических условиях ЦЧО кратковременное использование защитных сетей с коэффициентом поглощения солнечного излучения 10–24 % (без модификации спектрального состава проходящего света) не оказывает неблагоприятного воздействия на жизнедеятельность растений земляники фотонейтрального дня.

1. Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J.M., et al. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health // *Nutrition*. 2012. Vol. 1, is. 28. P. 9–19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009.
2. Baby B., Antony P., Vijayan R. Antioxidant and anticancer properties of berries // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. Vol. 15, is. 58. P. 2491–2507. DOI: 10.1080/10408398.2017.1329198. EDN: XAJXOI.
3. Huma Bader U.I.A., Tabussam N., Mehak J., et al. Phytochemical profile and pro-healthy properties of berries // *International Journal of Food Properties*. 2022. Vol. 25, is. 1. P. 1714–1735. DOI: 10.1080/10942912.2022.2096062. EDN: BXCIFY.
4. Акимов М.Ю., Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., и др. Характеристика сортового фонда земляники по химическому составу и антиоксидантной ценности плодов в условиях Центрально-Черноземного региона // *Вестник КрасГАУ*. 2019. Т. 1. № 142. С. 56–60. EDN: VVZBQD.
5. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Санкт-Петербург: Научное издание, 2022. 124 с.
6. Будаговская О.Н., Козлова И.И. Особенности жизнедеятельности растений земляники при длительном укрытии нетканым материалом // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. Т. 4. № 65. С. 64–70. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.64-70. EDN: XVLNYD.
7. Salazar-Canales F., Bastias R.M., Calderon-Orellana A., et al. Photo-selective nets differentially affect microclimatic conditions, leaf physiological characteristics, and yield in hazelnut (*Corylus Avellana* L.) // *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2021. Vol. 6, is. 62. P. 845–858. DOI: 10.1007/s13580-021-00365-8. EDN: YGYKST.
8. Jing Ch., Depeng F., Zhengyang Zh., et al. Effect of environmental factors on skin pigmentation and taste in three apple cultivars // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2020. Vol. 42. P. 1–12. DOI: 10.1007/s11738-020-03039-7. EDN: WHLPJB.
9. Basile B., Giaccone M., Cirillo C., et al. Photo-selective hail nets affect fruit size and quality in Hayward kiwifruit // *Scientia Horticulturae*. 2012. Vol. 141. P. 91–97. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.04.022. EDN: PGPCDN.
10. Choi H.G., Moon B.Y., Kang N.J., et al. Yield loss and quality degradation of strawberry fruits cultivated under the deficient insolation conditions by shading // *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2014. Vol. 55. P. 263–270. DOI: 10.1007/s13580-014-0039-0. EDN: RDOQVR.
11. Olivares-Soto H., Bastías R.M. Photosynthetic efficiency of apples under protected shade nets // *Chilean journal of agricultural research*. 2018. Vol. 1, is. 178. P. 126–138. DOI: 10.4067/S0718-58392018000100126. EDN: VGEACC.
12. Bastías R.M., Boini A. Apple Production under Protective Netting Systems // *Apple Cultivation Recent Advances*. London UK: IntechOpen, 2022. P. 91–102. DOI: 10.5772/intechopen.109429.
13. Wu Y., Yang H., Huang Zh., et al. Effect of Shade Strength on the Fruit Quality of Different Blueberry Cultivars // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2023. Vol. 3, is. 23. P. 4127–4140. DOI: 10.1007/s42729-023-01329.
14. Козлова И.И. Тенденции формирования промышленного сортимента земляники в Российской Федерации // *Садоводство и виноградарство*. 2018. № 2. С. 25–32. DOI: 10.31676/0235-2591-2019-2-25-32. EDN: UVYDIP.
15. Будаговский А.В., Будаговская О.Н., Будаговский И.А. Парадоксы оптических свойств зеленых клеток и их практическое применение // *Фотоника*. 2010. № 6. С. 22–28. EDN: OAKVQD.
16. Maxwell K., Johnson G.N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide // *Journal of Experimental Botany*. 2000. Vol. 51. P. 659–668. DOI: 10.1093/jexbot/51.345.659. EDN: IRKJOV.
17. Miyazawa Y. Effects of light conditions and air temperature on the growth of everbearing strawberry during the vegetative stage // *Acta Horticulturae*. 2009. Vol. 842. P. 817–820. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.842.180.
18. Krüger E., Will F., Kumar K., et al. Influence of post-flowering climate conditions on anthocyanin profile of strawberry cultivars grown from north to south Europe // *Applied Sciences*. 2021. Vol. 3, is. 11. P. 1326. DOI: 10.3390/app11031326. EDN: IGUETQ.

References

1. Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, et al. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*. 2012;1(28):9-19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009.
2. Baby B, Antony P, Vijayan R. Antioxidant and anticancer properties of berries. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018;15(58):2491-2507. DOI: 10.1080/10408398.2017.1329198. EDN: XAJXOI.
3. Huma Bader UIA, Tabussam N, Mehak J, et al. Phytochemical profile and pro-healthy properties of berries. *International Journal of Food Properties*. 2022;25(1):1714-1735. DOI: 10.1080/10942912.2022.2096062. EDN: BXCIFY.
4. Akimov MYu, ZHbanova EV, Lukjanchuk IV, et al. The effectiveness of basic tillage, herbicides and precursors in reducing crops, soil and grain infestation of spring wheat. *Bulletin of KSAU*. 2024;11:17–24. (In Russ.). EDN: VVZBQD.
5. *Tretij ocenochnyji doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoi Federacii. Obschee rezyume*. Saint Petersburg: Naukoemkie tehnologii; 2022. 124 s. (In Russ.).
6. Budagovskaya ON, Kozlova II. Characteristics of vital features of strawberry plants by long-term covering with non-woven material. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018;4(65):64-70. (In Russ.). DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.64-70. EDN: XVLNYD.
7. Salazar-Canales F, Bastias RM, Calderon-Orellana A, et al. Photo-selective nets differentially affect microclimatic conditions, leaf physiological characteristics, and yield in hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2021;6(62):845-858. DOI: 10.1007/s13580-021-00365-8. EDN: YGYKST.
8. Jing Ch, Depeng F, Zhengyang Zh, et al. Effect of environmental factors on skin pigmentation and taste in three apple cultivars. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2020;42:1-12. DOI: 10.1007/s11738-020-03039-7. EDN: WHLPJB.
9. Basile B, Giaccone M, Cirillo C, et al. Photo-selective hail nets affect fruit size and quality in Hayward kiwifruit. *Scientia Horticulturae*. 2012;141:91-97. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.04.022. EDN: PGPCDN.
10. Choi HG, Moon BY, Kang NJ, et al. Yield loss and quality degradation of strawberry fruits cultivated under the deficient insolation conditions by shading. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2014;55:263-270. DOI: 10.1007/s13580-014-0039-0. EDN: RDOQVR.
11. Olivares-Soto H, Bastías RM. Photosynthetic efficiency of apples under protected shade nets. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2018;1(178):126-138. DOI:10.4067/S0718-58392018000100126. EDN: VGEACC.
12. Bastías RM, Boini A. Apple Production under Protective Netting Systems. *Apple Cultivation Recent Advances*. London UK: IntechOpen, 2022;91-102. DOI: 10.5772/intechopen.109429.
13. Wu Y, Yang H, Huang Zh, et al. Effect of Shade Strength on the Fruit Quality of Different Blueberry Cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2023;3(23):4127-4140. DOI: 10.1007/s42729-023-01329.
14. Kozlova II. Tendencii formirovaniya promishlennogo sortimenta zemlyaniki v Rossijskoj Federacii. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. 2018;2:25-32. (In Russ.). DOI: 10.31676/0235-2591-2019-2-25-32. EDN: UVYDIP.
15. Budagovskii AV, Budagovskaya ON, Budagovskii IA. Paradoksi opticheskikh svoistv zelenih kletok i ih prakticheskoe primeneniye. *Fotonika*. 2010;6:22-28. (In Russ.). EDN: OAKVQD.
16. Maxwell K, Johnson GN. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*. 2000;51:659-668. DOI: 10.1093/jexbot/51.345.659. EDN: IRKJOV.
17. Miyazawa Y. Effects of light conditions and air temperature on the growth of everbearing strawberry during the vegetative stage. *Acta Horticulturae*. 2009;842:817-820. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.842.180.
18. Krüger E, Will F, Kumar K, et al. Influence of post-flowering climate conditions on anthocyanin profile of strawberry cultivars grown from north to south Europe. *Applied Sciences*. 2021;3(11):1326. DOI: 10.3390/app11031326. EDN: IGUETQ.

Статья принята к публикации 26.08.2025 / The article accepted for publication 26.08.2025.

Информация об авторах:

Ольга Николаевна Будаговская, ведущий научный сотрудник Инженерного Центра, ведущий научный сотрудник НИПЛ «Биофотоника», доктор технических наук

Ирина Ивановна Козлова, ведущий научный сотрудник, руководитель группы «Технологии земляники», кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Olga Nikolaevna Budagovskaya, Leading Researcher at the Engineering Center, Leading researcher at the NIPL Biophotonics, Doctor of Technical Sciences

Irina Ivanovna Kozlova, Leading Researcher, Head of the Strawberry Technologies Group, Candidate of Agricultural Sciences

