

Межрегиональная олимпиада школьников

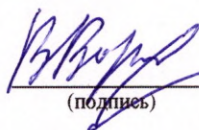
«Будущие исследователи – будущее науки»

Выращивание растений салата при разных световых режимах

Секция: Биология

Научный руководитель:

канд. биол. наук, доцент, доцент
кафедры ботаники и зоологии
ННГУ им. Н.И. Лобачевского:



Воротников В.П.
(расшифровка подписи)

Количество баллов,
полученных на защите

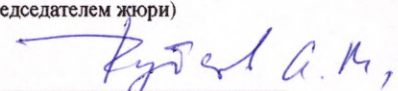
45

(заполняется председателем жюри)

Председатель жюри



(подпись)



(расшифровка подписи)

Работу выполнила
учащаяся 11 «А» класса
МАОУ «Лицей № 28 им.
академика Б.А. Королёва»
г. Нижнего Новгорода
Катунова Ирина Дмитриевна

Саров
2025 год

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	2
1. Обзор литературы	4
1.1. Значение освещения для растений	4
1.2. Искусственные режимы освещения растений	5
1.3. Агробιοлогические характеристики салата	7
1.4. Выводы по 1 главе	9
2. Материалы и методики исследования	9
2.1. Материалы исследования	9
2.2. Методики исследования	11
2.3. Выводы по 2 главе	12
3. Результаты и их обсуждение	12
3.1. Сравнение первоначальных выборок растений между собой	12
3.2. Сравнение изменения параметров выборок растений после эксперимента	13
3.3. Сравнение выборок растений между собой после эксперимента	14
3.4. Выводы по 3 главе	16
Заключение	17
Список литературы	18
Приложение	21

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью сельского хозяйства и производства продуктов питания практически во всех странах мира является подбор наилучших условий выращивания растений для получения высокой продуктивности и качества растений [8]. Для многих культур среднесуточной интенсивности света в средней полосе России обычно хватает только в ясные летние дни. Одним из неблагоприятных факторов для сельскохозяйственных растений, произрастающих в средней и северных областях России, является недостаточный уровень освещения [5]. Поэтому в теплицах устанавливают лампы для дополнительной подсветки растений. В условиях искусственного выращивания растений мы можем регулировать длину светового дня в любой длительности [10, 15].

Несмотря на большое количество исследований в области светокультуры растений, до сих пор для многих из них не подобраны оптимальные условия для облучения видимым светом – с учетом их вида, сорта и вегетационного периода [32]. Поэтому мы запланировали эксперимент, который может показать, насколько мы можем увеличивать длину светового периода при выращивании растений (на примере листового салата) без ущерба для их самих. Мы решили посмотреть, насколько удлинение периода освещения влияет на рост растения (на примере листового салата).

Цель нашего исследования: определить, какой из режимов освещения растений в условиях закрытого грунта способствует их большему росту и увеличению биомассы – на примере культуры салата.

Объект исследования: в качестве опытных образцов мы взяли растения салата (*Lactuca sativa L.*) сорта «Азарт» (всего 45 растений в возрасте 20 дней).

Предмет исследования: интенсивность (продуктивность) роста растений салата при различных режимах освещения в условиях закрытого грунта.

Задачи исследования:

- 1) установить возможность повышения урожайности салата в условиях выращивания в закрытом грунте при изменении периодичности его освещения;
- 2) определить оптимальный режим освещения при выращивании растений салата в закрытом грунте, соответствующий его максимальной урожайности.

Методы исследования:

- Мы использовали метод лабораторного эксперимента с анализом количественных параметров растения: количества листьев (счетный параметр) и массы растения (мерный параметр).
- Растения салата выращивались методом гидропоники. Салат выращивался в гроубоксах, закрытых светонепроницаемыми тентами.
- При выращивании использовалась технология светокультуры. Источником освещения были дуговые натриевые трубчатые лампы (ElectroX Bloom HPS) мощностью 250 Вт.
- Для обработки данных использованы методы математической статистики (расчет среднего, t-критерия Стьюдента).

Теоретическая значимость работы. Материал работы обобщает данные по значению выращивания салата как сельскохозяйственной культуры и биологического объекта в закрытом грунте, включая такие вопросы, как значение освещения для растений, характеристика искусственных режимов освещения растений и агробиологических характеристик салата.

Практическая значимость работы. Результаты исследования, представленного в ра-

боте, могут быть использованы в научной и промышленной агробиологии и растениеводстве при обобщении опыта выращивания салата (*Lactuca sativa* L.) в различных условиях. В работе приводится экспериментальное обоснование возможной экономии электроэнергии в тепличных хозяйствах на основе установления оптимального режима освещения для выращивания салата с включением темновой фазы.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Значение освещения для растений

Основа производство продуктов в растениеводстве как биологический процесс основан на использовании природных ресурсов: самих растений и условий, необходимых для их роста – климата, почвы, освещения. Культурные растения – непосредственные производители органической продукции, создающие ее в процессе фотосинтетической деятельности за период вегетации [14].

Свет в жизни растений играет определяющую роль [10]. Свет выполняет энергетические и регуляторные функции, управляет различными функциями и процессами в жизни растения. Световая энергия определяет важнейший для растений процесс – фотосинтез. Фотосинтез – это системный процесс преобразования световой энергии в энергию химических связей образуемых органических веществ. Для его функционирования необходимо, чтобы пигменты в тканях растений поглощали энергию фотонов нужных длин волн и использовали ее для запуска цепи химических реакций [26]. Фотосинтетический аппарат растений устроен так, что светособирающие комплексы преобразуют поглощенную энергию света в окислительно-восстановительную энергию [18]. Ключевую роль поглощения световой энергии играют светособирающие пигменты – хлорофиллы а и b, а также каротиноиды. Они встроены в пигментно-белковые комплексы фотосистемы хлорофилла. Каротиноиды тоже способны улавливать свет, и в сочетании с хлорофиллами направляют фотоны (световые частицы) в фотосистему и рассеивают избыточную световую энергию, когда световая нагрузка на хлоропласты избыточна [26]. Органические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза, составляют 90-95% биомассы растений. В среднем 1 кг сухой растительной массы аккумулирует 4 тыс. ккал энергии [3].

Солнечная радиация улавливается листом не полностью, часть ее отражается, другая проходит сквозь лист. Ту часть лучистой энергии, которую поглощают хлоропласты, называют фотосинтетически активной радиацией (ФАР) [18]. ФАР в среднем составляет от 45 до

85% общей энергии, поглощаемой растением [26]. Но из всей поглощенной энергии фотоактивных лучей на фотосинтез используется только 1,5-2,0%, остальная энергия рассеивается: до 10% – отражается, 35% – тепловое излучение, 10% пропускается через лист, 43% идет на транспирацию (испарение воды). В жизни растения важно чтобы света было столько, чтобы в процессе фотосинтеза они продуцировали больше вещества, чем необходимо для протекания расходов на дыхание, т.е. должен быть обязательный положительный баланс, без которого не мыслим рост и существование растения [29].

Режим освещения оказывает существенное влияние на фотосинтез, его скорость и на многие биотические процессы [27]. Также жизнедеятельность растений находится в тесной зависимости от интенсивности и спектрального состава света [32]. При этом содержание светочувствительных пигментов и их оптические свойства специфичны для листьев каждого вида и сорта растения. Считается, что солнечный свет представляет собой наилучшее освещение, так как растения лучше к нему приспособлены. Также известно, что для нормального физиологического развития большинству растений требуется несколько часов полной темноты [6], то есть постоянный режим освещения является глубоко избыточным [29]. В некоторых исследованиях [24, 27] отмечается повышение интенсивности фотосинтеза при повышении интенсивности освещения. Но при превышении определенных значений освещенности происходит торможение ростовых процессов, что объясняется разрушением хлоропластов и деструкцией листовых пластинок. Компенсация недостатка освещенности биологически наиболее проблематична по сравнению с компенсацией недостатка других факторов [10]. Поэтому основной путь повышения урожайности – повышение фотосинтетической продукции растений.

1.2. Искусственные режимы освещения растений

Защищенный грунт – особый экологический комплекс с определенными возможностями искусственного регулирования и оптимизации условий выращивания тепличных культур [4]. В последние десятилетия тепличная отрасль стала одной из наиболее перспективных и быстро развивающихся отраслей сельского хозяйства во многих странах мира. Ее востребованность определяют рост потребности населения в свежих овощах, ягодах, грибах, зеленых культурах, а также появление инновационных технологий так называемого «защищённого грунта» [20, 22]. По состоянию на конец 2020 г., по данным Минсельхоза РФ, в нашей стране функционирует порядка 350 тепличных хозяйств [5].

В силу географических особенностей нашей страны, почти на всей ее территории недостаточная продолжительность действия солнечного света. Поэтому важнейшим видом технологического процесса в российском аграрном производстве является светокультура – выра-

цевание растений с целью получения урожая в сооружениях с контролируемыми экологическими факторами с применением дополнительного к естественному облучения от источников света, либо только с применением источников света [11, 15, 22]. В производстве защищенного грунта используют технологию досвечивания, когда низкий уровень естественной солнечной радиации сопровождается коротким световым днем, и технологию светокультуры, когда выращивание растений происходит в искусственно созданном световом режиме [4, 22]. Применение системы электроосвещения обеспечивает управление длительностью светового дня и интенсивностью светового потока в соответствии с агротехнологическими требованиями [35, 36, 39, 40]. Использование правильной технологии освещения в тепличном производстве дает ряд преимуществ: возможность продлить сезон, выращивать растения круглый год; возможность расширить ассортимент выращиваемой продукции; повысить контроль над процессами вегетации, цветения и т.д.; увеличить урожайность тепличных растений; улучшить качество продукции; гарантировать круглогодичные поставки овощей [10, 15, 35, 37]. В основе работы современных теплиц заложены технологии светокультуры и гидропоники, при которой в качестве субстрата для растений применяется специально обработанная минеральная вата – практически идеальная модель почвы [5]. Хотя в настоящее время проводятся эксперименты с использованием в качестве грунта рисовой шелухи, ламинарии и других субстратов.

При проектировании тепличных хозяйств и оборудовании отдельных теплиц системами освещения важной остается проблема прогнозирования изменения интенсивности фотосинтеза, связанного с изменением режима освещения [35, 39, 41]. Соответствующие модели могут помочь выбрать оптимальный режим выращивания видов и сортов растений в закрытом грунте [28, 37, 40].

Например, агрокомбинат «Горьковский» в Нижегородской области с середины октября 2020 года начал выращивать овощные, зеленные цветочные культуры в теплицах на светокультуре – искусственных источниках света для более эффективного выращивания растений [33]. Для этого 4 га теплиц были оснащены системой досвечивания для круглогодичного производства овощей (рис. 1).



Рис. 1. Система подсветки в теплицах агрокомплекса «Горьковский» [33]

Программирование урожайности сельскохозяйственных культур – форма научно-методического подхода к решению вопроса увеличения продуктивности площадей, занятых растениями, для получения максимально возможных урожаев высокого качества. Программирование урожайности начинается с расчета ее максимальной величины по усвоению солнечной энергии – основы продуктивности культуры [3]. Также в условиях роста тарифов на электроэнергию и постоянного сокращения запасов природных энергоресурсов, оптимизация производственного процесса светокультуры является актуальной задачей [28]. Разработка и совершенствование методов изучения фотопериодической чувствительности с целью увеличения надежности является важной составляющей исследований по оценке мировой коллекции ВИР и для селекционного процесса различных сельскохозяйственных культур [32].

1.3. Агrobiологические характеристики салата

Зеленные (от слова «зелень») овощные культуры, к которым относится салат, имеют большое сельскохозяйственное значение. Растения этой группы морозостойки, что позволяет легко выращивать их в тепличных условиях (рис. 2), и скороспелы, что позволяет высевать их в несколько периодов в течение года – то есть практически круглогодично [19, 23].



Рис. 2. Выращивание салата в теплице агрокомплекса «Горьковский» [33]

Салат, или латук посевной, или салат-латук (*Lactuca sativa* L.) – однолетнее овощное растение семейства астровых (Asteraceae). Пищевое значение имеют листья салата (листовых сортов), кочаны (кочанных сортов и сортов ромэн), реже – утолщенный стебель (спаржевых сортов) [34]. Салат посевной характеризуется высокой генетической разнообразностью из-за

его генетической природы и сложной системы окультуривания [12]. Культура салата включает в себя 7 морфотипов: кочанный с маслянистой консистенцией листа; кочанный с хрустящей консистенцией листа; ромэн; срывной; спаржевый; «латинский» (полукочанный); маслянистый [12, 30]. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений зарегистрировано 345 сортов салата [12].

Растения салата обладают ценными питательными и диетическими свойствами. В их побегах содержится много различных витаминов – С, Р, РР, В₁, В₂, провитамина А, достаточно много солей калия, кальция и микроэлементов – меди, йода, молибдена, железа, марганца, бора [19, 34]. В млечном соке побегов салата содержится алкалоид лактуцин, придающий ему горьковатый вкус и обладающий рядом лечебных свойств. Мякоть побегов салата содержит в среднем 3,8-9,6% сухих веществ, 0,5-4,3% сахаров, 1,2-2,3% белка [34].

Салат – светолюбивое растение; для его роста непрерывное освещение должно составлять не менее 10 часов в сутки [15, 33]. Оптимальная температура для его роста – +18-20°C, ночью – от +5 до +10-12°C. Молодые растения салата хорошо переносят заморозки до -1-2°C. Различают скороспелые (можно собирать на 30-45-й день после появления всходов), среднеспелые (интенсивный рост 45-80 дней) и позднеспелые (рост до 80-100 дней) сорта салата. В тепличных культурах гораздо чаще используются скороспелые сорта [31].

Открытым способом салат выращивают рассадой и посевом в грунт; в теплицах чаще всего гидропонным способом (в воде без почвы). Урожайность салата в открытом грунте может достигать 160-280 ц/га, в теплицах – до 400 ц/га [31, 34]. Для выращивания в защищенном грунте с целью получения высокой урожайности и хорошими потребительскими качествами выведены сорта, обладающие повышенными требованиями – досвечивание, обеспечение автономным минеральным питанием, проточной гидропоникой, необходимой влажностью и температурой воздуха. Поэтому к таким сортам при их выведении в агробиологии предъявляются более высокие требования, чем для садово-огородных. В защищенном грунте сорта салата должны отличаться такими свойствами, как скороспелость, урожайность, приспособленность к светокulturе, выравненность растений [9, 30].

Основными показателями, характеризующими продуктивность салата, являются средние значения высоты и сухой массы растения, средняя площадь листа и листовой индекс [30]. Выращивание салата в закрытом грунте с технологией досвечивания обеспечивает формирование у него компактной листовой розетки и хорошо развитой корневой системы. Длительный период досвечивания рассады также обеспечивал прирост массы салата в среднем на 10% [1, 7, 23].

Салат разных форм – очень распространенная на территории России зеленная культура. С 2002 года в России наблюдается активный период увеличения объема производства салата.

Выращивание этой продукции в сельскохозяйственном плане становится эффективным и высококорентабельным производством. Наибольшие площади под салатными комплексами находятся в Центральном округе – почти 50% всех площадей, занятых культурой салата в России. Немного меньше площадей расположено в Приволжском и Северо-Западном округах [23]. В настоящее время в России производство салата достигает 15 000 т/год на общей площади 700-800 га, что не покрывает потребности продовольственного рынка недостаточно для удовлетворения покупательского спроса на эту продукцию [12].

По данным ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций), в 2022 году салаты производили в 106 странах [38]. Приведем производственные показатели стран, доля которых в общемировом валовом сборе составляет более 1% [38]. Большая часть валового сбора и посевной площади (75%) приходится на Китай, Индию и США. Более половины мировой посевной площади приходится на Китай (51,6%). За исследуемый период в стране наблюдается рост 1–2% ежегодно. На долю Индии приходится 14% посевной площади, а в США в полтора раза меньше – 9,1%. Валовой сбор салата в Китае больше, чем у всех остальных стран вместе взятых, его доля в общемировом сборе составляет 56,4%. Второе место занимают США (14,3%), это связано с низкой – в 3,5 раза меньше среднемировой – урожайностью в Индии, доля которой составила 4,1% [38].

1.4. Выводы по 1 главе

Салат как сельскохозяйственная культура имеет важное пищевое значение и широкий сельскохозяйственный ареал. В российском сельском хозяйстве имеется достаточно много сортов и морфоформ салата, позволяющих обеспечить вкусы потребителей и соответствовать особенностям технологий выращивания в различных хозяйствах. Салат как агробиологический объект в целом несложен в выращивании. Он имеет короткий срок созревания и может выращиваться до 6 циклов в год.

Повышение урожайности салата на имеющихся закрытых (тепличных) площадях выращивания – важная агробиологическая проблема. Самый перспективный источник увеличения эффективности урожая в закрытом грунте – выращивание салата с использованием технологии досвечивания. При этом важной агробиологической задачей остается поиск индивидуального режима освещения (досвечивания) для культуры салата в целом и его отдельных сортов.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материалы исследования

Объект нашего эксперимента – салат (*Lactuca sativa* L.) сорта «Азарт». Салат зеленый

среднеспелый. Розетка листьев полупрямостоячая, размер листа средний, форма листа веерообразная, край сильно волнистый (рис. 3). Для эксперимента мы взяли растения салата, предоставленные нам кафедрой физиологии и биохимии растений ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Растения остались после проведения другого эксперимента (рис. 4). Мы выбрали растения, находящиеся в контрольной группе, на которые не оказывалось никакого воздействия, и содержащиеся при освещении с искусственным режимом, аналогичным естественному (16 часов света + 8 часов темноты) [28] (рис. 3).



Рис. 3. Салат (*Lactuca sativa* L.) сорта «Азарт» [33]

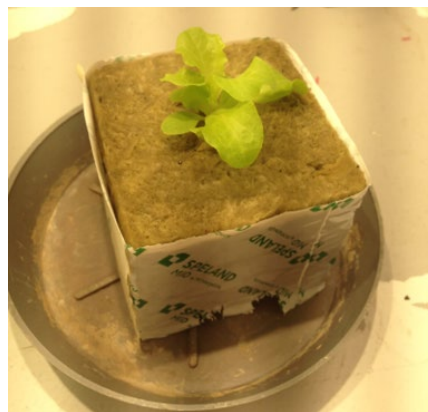


Рис. 4. Растение салата в кубике минеральной ваты

Салат выращивался в грубюксах, закрытых светонепроницаемыми тентами. Источником освещения были 3 дуговые натриевые трубчатые лампы (ElectroX Bloom HPS) мощностью по 250 Вт. Лампы настраивались на автоматическую программу поддержания светового режима (световая фаза, режим «день») и выключением на определенный период (темновая фаза, режим «ночь»).

Мы выдвинули предположения о том, можем ли мы использовать полученные нами растения, и о том, каких результатов мы ждем этого эксперимента. Для оценки продуктивности наших экспериментальных растений мы выбрали 2 показателя: число листьев и массу растения.

Общая гипотеза исследования: при изменении режима освещения с увеличением длительности светового периода урожайность растений салата, выращиваемого в закрытом грунте, повысится.

Рабочие гипотезы: гипотеза 1: все группы растений салата (выборки) изначально (замер 1) имеют значимые отличия по количественным параметрам – весу и количеству листьев;

гипотеза 2: все группы растений салата, произрастающих при разных режимах освещения, через 7 дней (замер 2), имеют значимые изменения по количественным параметрам –

весу и количеству листьев;

гипотеза 3: все группы растений салата, произрастающих при разных режимах освещения, через 7 дней (замер 2), имеют значимые отличия по количественным параметрам – весу и количеству листьев.

2.2. Методики исследования

Салат выращивался методом гидропоники [40]. Салат рос в кубиках минеральной ваты, находящейся в пластиковых горшочках (рис. 4). Кубики минеральной ваты были пропитаны питательным раствором, содержащим комплекс удобрений. Для полива мы использовали готовый маточный раствор микроэлементов, в котором на 1 л. воды содержалось H_3BO_3 – 2,86 г; MnSO_4 – 1,8 г; CuSO_4 – 0,08; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (молибденовокислый аммоний) – 0,1 г. Рабочий раствор для полива готовили из расчета 1 мл маточного раствора на 1 л воды. Полив кубиков с минеральной ватой выполнялся по мере их высыхания.

Мы использовали метод лабораторного эксперимента с анализом количественных параметров растения, важных для определения продуктивности салата [30]: количества листьев (счетный параметр) и массы растения (мерный параметр) [21]. Замер биомассы проводили всего растения, аккуратно вынимая корневую систему, взвешивая на лабораторных весах, а затем аккуратно помещая растение (заправляя корневую систему) снова в кубик минеральной ваты.

Для эксперимента мы выбрали 3 световых режима:

- 1: контрольный – близкий к естественному в средней полосе России (свет – 16 часов, темнота – 8 часов),
- 2: с сокращением темнового периода на 4 часа от естественного (свет – 20 часов, темнота – 4 часов),
- 3: с исключением темнового периода (24 часа свет).

Схема исследования:



Рис. 5. Растения салата в гроубоксе с подсветкой

1. Растения разделили на 3 группы (по 15 штук), установленные на разных стеллажах (рис. 5).

2. В первый день эксперимента мы провели первичные замеры растений: число листьев и общую биомассу растений (для установления однородности разделенных групп).

3. После этого растения поместили на удалении друг от друга в темном помещении на стеллажи (рис. 3) с разными вариантами подсветки: 1) контроль – свет – 16 час., темнота – 8 час.; 2) свет – 20 час., темнота – 4 час.; 3) 24 часа свет. Режим освещения устанавливали на автоматическую регуляцию с заданной длительностью включения и выключения освещения.

4. Через 7 дней мы провели повторные замеры числа листьев и биомассы у всех растений.

5. Затем мы обработали полученные результаты эксперимента для оценки эффективности выбранных нами режимов освещения. В исследовании мы анализировали количественные параметры: количество листьев и массу растения. Для обработки данных использованы методы математической статистики (расчет среднего, t-критерия Стьюдента) [2, 13]. Статистическая обработка проводилась в программе Microsoft Excel [16].

2.3. Выводы по 2 главе

Нами были выбраны методы и материалы, позволяющие организовать эксперимент с минимальными временными и экономическими затратами, но с достаточно большим числом биологических объектов и условиях, достаточным для организации эксперимента. Подробное описание плана-схемы эксперимента позволило нам его легко организовать.

При повторении этого эксперимента рекомендуем провести его при использовании поплавков из пенопласта на поддоне с водой, чтобы растения легче вынимались для взвешивания без повреждения корневой системы, и было проще поместить их обратно в поддон.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Сравнение первоначальных выборок растений между собой

Для того, чтобы установить достоверность изменений растений салата, произрастающего при разных режимах освещения, нам нужно уточнить, являются ли первоначальные группы разделенных нами растений однородными по их количественным параметрам – среднему числу листьев и массе растений. В таблице А приложения 1 представлены показатели параметров растений салата, полученные нами при первичных и повторных (через 7 дней) замерах. Поскольку средние показатели всех выборок по всем показателям различны, в расчетах мы использовали t-критерий Стьюдента.

Сравнение первичных выборок между собой по числу листьев (табл. 1) показало, что $t_{\text{экспер.}}$ во всех 3-х сравнениях выборок между собой меньше $t_{\text{теор.}}$, поэтому достоверность различий между первоначальными выборками по числу листьев у растений салата статистически не значима.

Сравнение первичных выборок между собой по массе растений (табл. 2) показало, что $t_{\text{экспер.}}$ во всех 3-х сравнениях меньше $t_{\text{теор.}}$, поэтому достоверность различий между первоначальными выборками по массе растений салата статистически не значима.

Таблица 1

Сравнение первичных выборок между собой по числу листьев
(приведены значения t-Стьюдента экспериментальные*)

№ выборки	1	2	3
1	-	1,54	0,65
2	-	-	-1,07
3	-	-	-

* $t_{\text{теор.}} = 2,049$; число степеней свободы = $15+15-2=28$; $\alpha = 0,05$

Таблица 2

Сравнение первичных выборок между собой по массе растений
(приведены значения t-Стьюдента экспериментальные*)

№ выборки	1	2	3
1	-	1,59	0,94
2	-	-	-0,81
3	-	-	-

* $t_{\text{теор.}} = 2,049$; число степеней свободы = $15+15-2=28$; $\alpha = 0,05$

Таким образом, подтверждается версия 0 выдвинутой нами рабочей гипотезы 1: все группы растений салата (выборки) изначально (замер 1) не имеют достоверных отличий по количественным параметрам – весу и количеству листьев. То есть выборки растений, на которые они были разделены в начале, достоверно не отличаются друг от друга по числу листьев и массе растений.

3.2. Сравнение изменения параметров выборок растений после эксперимента

Через 7 дней после начала эксперимента мы повторно измерили общую биомассу и число листьев у всех растений салата (рис. 6).



Выборка 1

(режим освещения 1)



Выборка 2

(режим освещения 2)



Выборка 3

(режим освещения 3)

Рис. 6. Фото растений при разных режимах освещения через 7 дней

Затем мы рассчитали средние показатели по каждой из выборок растений, произраста-

ших при разных режимах освещения. На основе этих данных мы оценили достоверность изменений параметров растений салата после эксперимента (табл. 3, 4). Достоверность средних изменений растений салата после эксперимента по числу листьев оказалась статистически значима: $t_{\text{экспер.}}$ по замерам через 7 дней во всех 3-х выборках больше $t_{\text{теор}}$ (табл. 3).

Таблица 3

Достоверность изменений растений после эксперимента по числу листьев

№ выборки	t-экспер.*
1	-9,90
2	-7,85
3	-9,00

* $t_{\text{теор.}} = 2,049$; число степеней свободы = $15+15-2=28$; $\alpha = 0,05$

Достоверность средних изменений растений салата после эксперимента по биомассе также оказалась статистически значима: $t_{\text{экспер.}}$ по замерам через 7 дней во всех 3-х выборках больше $t_{\text{теор}}$ (табл. 4).

Таблица 4

Достоверность изменений растений после эксперимента по массе растений

№ выборки	t-экспер.*
1	-10,20
2	-10,53
3	-7,08

* $t_{\text{теор.}} = 2,049$; число степеней свободы = $15+15-2=28$; $\alpha = 0,05$

Таким образом, подтверждается версия 1 выдвинутой нами рабочей гипотезы 2: все группы растений салата, произрастающих при разных режимах освещения, через 7 дней (замер 2), имеют значимые изменения по количественным параметрам – весу и количеству листьев. То есть при всех 3-х режимах освещения, которые мы использовали в опыте, растения салата увеличили число своих листьев и биомассу. При этом при уменьшении длины темного периода в выборках растений постепенно снижается масса растений. Но число листьев при полном освещении (24 часа/сутки) образуется в среднем больше, чем при снижении времени темноты на 4 часа.

3.3. Сравнение выборок растений между собой после эксперимента

Для того, чтобы установить достоверность различий средних показателей вторичный выборок растений салата (после эксперимента), нам нужно уточнить, являются ли эти группы растений после эксперимента сходными по их количественным параметрам. Для этого мы сравнили вторичные выборки между собой – по среднему числу листьев и биомассе (табл. 5, 6).

Сравнение вторичных выборок между собой по числу листьев (табл. 5), показало, что в сравнениях выборок 1 и 2, 1 и 3 $t_{\text{экспер.}}$ больше $t_{\text{теор.}}$, поэтому достоверность различий между

вторичными выборками растений салата по числу листьев статистически значима.

Сравнение вторичных выборок между собой по числу листьев (табл. 6), показало, что различия между вторичными выборками салата по массе растений статистически значимы: $t_{\text{экспер.}}$ в сравнениях выборок 1 и 2, 1 и 3 больше $t_{\text{теор.}}$,

Таблица 5

Сравнение вторичных выборок между собой по числу листьев
(приведены значения t-Стьюдента экспериментальные*)

№ выборки	1	2	3
1	-	5,03	3,95
2	-	-	-1,15
3	-	-	-

* $t_{\text{теор.}} = 2,049$; число степеней свободы = $15+15-2=28$; $\alpha = 0,05$

Таблица 6

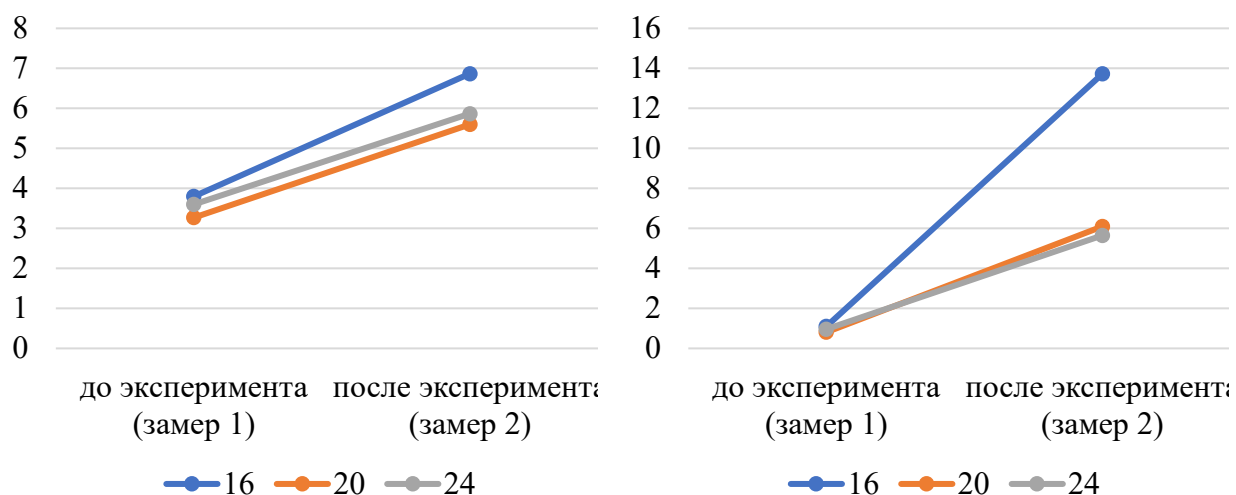
Сравнение вторичных выборок между собой по массе растений
(приведены значения t-Стьюдента экспериментальные*)

№ выборки	1	2	3
1	-	5,76	5,78
2	-	-	0,55
3	-	-	-

* $t_{\text{теор.}} = 2,049$; число степеней свободы = $15+15-2=28$; $\alpha = 0,05$

Таким образом, частично подтверждается версия 1 выдвинутой нами рабочей гипотезы 3: 1-я выборка растений салата через 7 дней (замер 2) имеет значимые отличия по количественным параметрам – весу и количеству листьев – от выборок 2 и 3. То есть для растений салата, участвующих в эксперименте, по его результатам может быть выбран наиболее эффективный для произрастания режим освещения.

Анализ изменений средних показателей выборок растений салата в ходе эксперимента (рис. 7, табл. Б приложения) показал, что при увеличении длительности периода освещения эффективность прироста растений по всем измеряемым параметрам падает.



А. Динамика числа листьев растений. шт.

Б. Динамика массы растений, г.

Рис. 7. Динамика показателей роста салата при различных световых режимах (указана длительность светового периода в сутки, час.)

Видимо, это происходит из-за недостатка темновой фазы роста, которая очень важна для дыхания и экономии энергии растений.

3.4. Выводы по 3 главе

Растения, которые мы взяли для нашего опыта и разделили на 3 запланированные нами выборки, не имеют достоверных различий между собой при выбранных мерных параметрах – масса растений и число листьев.

Результаты повторного замера (через 7 дней) показали, что после проведения эксперимента с содержанием растений салата при разных режимах освещения количество листьев у салата достоверно интенсивно увеличивается в случае всех режимов освещения. При этом одна из выборок растений салата через 7 дней (замер 2), имеет значимые отличия по количественным параметрам – весу и количеству листьев: их величины достоверно выгодно отличаются после эксперимента при режиме 1 от режимов 2 и 3 (рис. 8).

Средние значения мерных показателей растений салата при выращивании с этим режимом достоверно отличаются от параметров режимов 2 и 3. При этом достоверной разницы по урожайности растений салата между режимами 2 и 3 не выявлено.

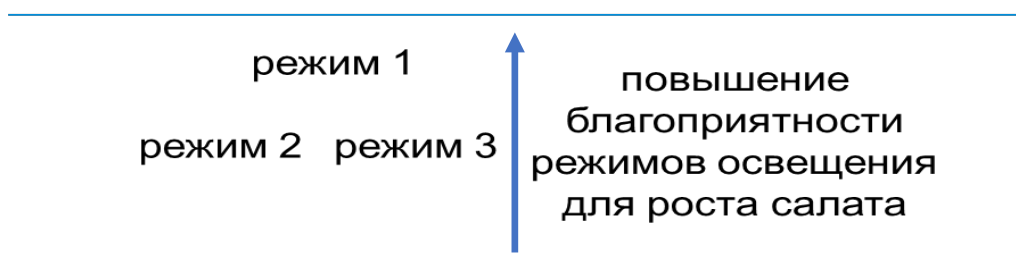


Рис. 8. Уровни благоприятности условий режимов освещения для роста салата

Средние показатели растений в выборке 1 (контрольная группа) самые высокие, то есть этот режим освещения (естественный) – самый эффективный для численного увеличения листьев и общей биомассы растений салата. Опытные растения салата менее эффективно растут в закрытом грунте при уменьшении длины темнового периода суточного цикла. То есть общая гипотеза нашего исследования не подтвердилась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Салат (*Lactuca sativa* L.) как популярная зеленная культура имеет важное пищевое

значение. В настоящее время в сельском хозяйстве достаточно много сортов и морфотипов салата, позволяющих обеспечить вкусы потребителей и соответствовать особенностям технологий выращивания в различных хозяйствах. Основными показателями, характеризующими продуктивность салата, являются его облиственность и биомасса. Как агробиологический объект салат имеет короткий срок созревания и в целом несложен в выращивании. Чаще всего он выращивается в агрохозяйствах в закрытом грунте (теплицах) с применением технологии гидропоники и досвечивания.

Повышение урожайности салата на имеющихся площадях выращивания – важная агробиологическая проблема. Программирование урожайности салата как культуры может быть обеспечено проведением экспериментального выращивания его в различных условиях. Особенно это касается режима освещения, наиболее важного с точки зрения роста растений салата как листовой зеленой культуры. Также в условиях роста тарифов на электроэнергию и постоянного сокращения запасов природных энергоресурсов важна оптимизация производственного процесса светокультуры. При этом важной агробиологической задачей остается поиск индивидуального режима освещения (досвечивания), наиболее соответствующего физиологическим потребностям культуры салата в целом и его отдельных сортов.

Организованный нами эксперимент позволил установить, что при изменении режима освещения с увеличением длительности светового периода урожайность растений салата, выращиваемого в закрытом грунте, не повышается, а наоборот, понижается. Все использованные нами в эксперименте режимы освещения (1: свет – 16 час., темнота – 8 час.; 2: свет – 20 час., темнота – 4 час.; 3: свет 24 час.) обеспечили прирост растений салата через 7 дней по количественным параметрам – массе и количеству листьев. При этом средние значения мерных показателей растений салата при выращивании с режимом 1 (контрольный: свет – 16 час., темнота – 8 час.) достоверно отличаются от параметров режимов 2 и 3 в большую сторону. То есть этот режим освещения (близкий к естественным условиям в умеренном климатическом поясе) – самый эффективный для увеличения общей урожайности растений салата. Соблюдение этого режима позволяет экономить электрическую энергию, идущую на освещение теплиц при одновременном повышении урожайности агрокультуры салата.

Таким образом, мы установили, что физиологические потребности салата включают необходимость присутствия длительной (не менее 6 час.) темновой фазы суточного цикла. При сокращении ее длительности салат дает меньший прирост по числу листьев и биомассе. Общая гипотеза исследования (при изменении режима освещения с увеличением светового времени рост растений салата улучшится) не подтвердилась. То есть в искусственных условиях мы не можем увеличить урожайность, увеличив длину светового периода.

Мы рекомендуем повторить этот эксперимент при большей продолжительности по

времени, а также с другими сортами салата, для уточнения результатов нашего эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абиян М.В., Гиш Р.А., Подушин Ю.В. Влияние периода искусственного освещения на формирование рассады салата // Научный журнал КубГАУ. – 2014. №101. – С. 2199-2210.
2. Авдеев В.И. Современные методы биометрии в исследовании растений. – Оренбург: Изд-во ОГАУ, 2015. – 130 с.
3. Вавилов П.П., Гриценко В.В., Кузнецов В.С. Практикум по растениеводству. – М.: Колос, 1983. – 352 с.
4. Валайнис В.Я. Улучшение светового режима в посадках тепличных культур // Научное обозрение. – 2019. №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uluchshenie-svetovogo-rezhima-v-posadkah-teplichnyh-kultur> (дата обращения: 22.07.2024).
5. Волкова И.Н. Тепличная отрасль хозяйства России и факторы, влияющие на её развитие и размещение // Географическая среда и живые системы. – 2021. №1. – С. 93-109.
6. Головкин Т.К. Дыхание растений (физиологические аспекты). СПб.: Наука, 1999. 204 с.
7. Далькэ И.В., Табаленкова Г.Н., Малышев Р.В., Буткин А.В., Григорай Е.Е. Продуктивность и компонентный состав листового салата при разной интенсивности освещения в условиях защищенного грунта // Гавриш. – 2013. №4. – С. 13-16.
8. Дружкин А.Ф., Лобачев Ю.В., Шевцова Л.П., Ляшенко З.Д. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013. – 283 с.
9. Ефремов Н.С. Оценка интенсивности искусственного освещения светодиодного облучателя на листовой салат в защищенном грунте // Научный журнал КубГАУ. – 2014. №102. – С. 407-416.
10. Журавлева В.В., Казазаев В.В. О моделировании фотосинтеза растений в условиях глобального изменения климата // Известия АлтГУ. – 2017. № 4 (96). – С. 4-18.
11. Журавлева В.В., Маничева А.С., Мартынова А.А. Анализ математической модели фотосинтеза в условиях защищенного грунта // Известия АлтГУ. 2020. – №4 (114). – С. 86-91.
12. Иванова М.И., Кашлева А.И. Современное состояние исследований и основные направления селекции салата-латука // Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур / Сб. науч. тр. по материалам Междун. науч.-практич. конф., посвящ. VII Квасниковским чтениям. – Рязань: ГУП РО «Рязанская областная

- типография», 2016. – С. 133-138.
13. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. – 302 с.
 14. Карпук В.В., Сидорова С. Г. Растениеводство: учеб. пособие. – Минск: БГУ, 2011. – 351 с.
 15. Ключка Е.П., Пустовойтова Е.В. Новая технология с применением переменного способа облучения растений // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: Сб. мат-в IX Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. – С. 197-202.
 16. Коросов А.В., Горбач В.В. Компьютерная обработка биологических данных. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – 84 с.
 17. Кошкин В.А. Методические подходы в диагностике фотопериодической чувствительности и скороспелости растений // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 170. – СПб.: ВИР, 2012. – С. 118-129.
 18. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. – М.: «Высшая школа», 2005. – 736 с.
 19. Макаренко Е.В. Оценка устойчивости салата посевного (*Lactuca sativa* L.) к основным болезням // Известия СПбГАУ. – 2015. №39. – С. 79-82.
 20. Марченко А.В., Троценко В.М. Организация и производственно-экономические отношения в отраслях АПК. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2021. – 221 с.
 21. Методы исследований в растениеводстве. – Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2014. – 83 с.
 22. Муравьев А.Ю. О состоянии и перспективах развития овощеводства защищенного грунта в России // Теплицы России. – 2011. № 1. – С. 19-23.
 23. Муравьев А.Ю. Производство салата и зеленных культур на салатных и рассадных комплексах РФ в 2007 году // Теплицы России. – 2008. №3. – С. 23-26.
 24. Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
 25. Пономарева Н.Е., Грачева Н.Н., Протасов А.А. Влияние уровня освещенности на продуктивность кресс-салата // Агротехника и энергообеспечение. – 2018. №4 (21). – С. 85-94.
 26. Протасова Н.Н., Кефели В.И. Фотосинтез и рост высших растений, их взаимосвязь и корреляции. Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 251-280.
 27. Протасова Н.Н. Светокультура как способ выявления потенциальной продуктивности растений // Физиология растений. – 1987. Т. 34. Вып. 4. – С. 812-822.
 28. Ракутько С.А., Мишанов А.П., Маркова А.Е., Ракутько Е.Н., Васькин А.В. Математическая модель биометрических показателей растения салата (*Lactuca sativa* L.) в светокультуре при различных дозах облучения // АгроЭкоИнженерия. – 2016. №89. – С. 118-127.
 29. Смашевский Н.Д. Экология фотосинтеза // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. №2 (28). – С. 165-180.

30. Старых Г.А., Хаустова Н.А., Гончаров А.В., Скорина В.В. Динамика изменения сорта-мента салата (*Lactuca sativa* L.) в условиях России и Беларуси // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. №3. – С. 104-107.
31. Хаустова Н.А., Старых Г.А. Выращивание салата на салатной линии в «Агрокомбинате Московский» // Актуальные вопросы агрономической науки в современных условиях: Материалы науч.-практ. конф. – М.: РГАЗУ, 2014. – С. 98-101.
32. Коротун В. Освещение в теплице: нормы, требования, нюансы и советы [Электронный ресурс] // Asutpp.ru. – URL: <https://asutpp.ru.turbopages.org/asutpp.ru/s/osveschenie-v-teplitse.html> (дата обращения: 22.07.2024).
33. Новая необычная достопримечательность Нижнего Новгорода // Агрокомбинат «Горьковский» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agrogorky.ru/content/neobychnaya_dostoprimechatelnost.html (дата обращения: 22.07.2024).
34. Салат // Сорта овощных культур [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cnsnb.ru/AKDiL/0055/base/k176.shtm> (дата обращения: 22.07.2024).
35. Bantis F., Smirnakou S., Ozounis T., Koukounaras A., Ntagkas N., Radoglou, K. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs) // Scientia Horticulturae. – 2018. No. 235. – Pp. 437–451.
36. Dutta M., Gupta D., Sahu S., Limkar S., Singh P., Mishra A., Kumar M., Mutlu R. Evaluation of growth responses of lettuce and energy efficiency of the substrate and smart hydroponics cropping system // Sensors. – 2023. No. 23. – P. 1875.
37. Etaa N., Wamae Y., Khummueng W., Utaipan T., Ruangrak E. Effects of artificial light sources on growth and phytochemicals content in green oak lettuce // Horticultura Brasileira. – 2020. No. 38. – Pp. 204–210.
38. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC> (дата обращения: 26.07.2024).
39. Hooks T., Sun L., Kong Y., Masabni J., Niu G. Short-term pre-harvest supplemental lighting with different light emitting diodes improves greenhouse lettuce quality // Horticulture. – 2022. No. 8. P. 435.
40. Malabadi R., Nethravathi T.L., Kolkar K.P., Saini I., Veena S.B., Chalannavar R.K., Castaño Coronado K.V., Chinnasamy B. Role of LED (Light Emitting Diode) light illumination on the growth of plants in greenhouse farming-hydroponics: IOT technology // World Journal of Advanced Research and Reviews. – 2024. No. 24. – Pp. 212-245.
41. Rizzon A.A., Silvestre W.P., Vicenço C.B., Rota L.D., Pauletti G.F. Supplementary light on the development of lettuce and cauliflower seedlings // Stresses. – 2024. No. 4(1). – Pp. 94-106.

42. Xu Y., Chang Y., Chen G., Lin H. The research led to a supplementary lighting system for plants
// *Optik*. – 2016. No. 127. – Pp. 7193–7201.

Основные показатели измерения параметров растений салата
до и после эксперимента (по выборкам)

замер 1 (10 июля)			режим	замер 2 (17 июля)	
№ банки	число листьев, шт.	масса, г.		число листьев, шт.	масса, г.
1	2	3	4	5	6
1	4	1,16	режим 1 контроль (свет – 16 час., темнота – 8 час.)	7	11,73
2	2	0,77		6	8,10
3	4	1,04		8	23,96
4	4	0,78		7	11,68
5	5	2,06		7	16,32
6	4	1,34		7	10,43
7	4	1,08		7	10,33
8	4	1,44		6	10,67
9	3	0,57		6	11,51
10	5	1,44		8	24,47
11	3	0,66		7	11,85
12	4	1,25		7	14,89
13	4	0,84		6	12,88
14	5	1,34		8	15,81
15	2	0,76		6	11,26
среднее	3,80	1,10	режим 2 (свет – 20 час., тем- нота – 4 час.)	6,87	13,73
медиана	4,00	1,12		7,00	11,79
дисперсия	0,69	0,16		0,53	24,07
стандартное отклонение	0,83	0,40		0,73	4,91
16	2	0,18		5	3,50
17	4	1,54		6	8,29
18	4	0,96		7	5,95
19	4	0,75		6	6,09
20	5	2,32		6	8,14
21	2	0,10		5	4,31
22	3	0,84		5	7,23
23	3	0,86		6	6,53
24	2	0,13		5	5,06
25	4	1,22		6	8,28
26	2	0,26		5	3,50
27	4	0,36		6	5,62
28	4	1,15		6	9,37
29	3	0,63		5	5,49
30	3	0,81		5	4,17
среднее	3,27	0,81		5,60	6,10
медиана	3,50	0,80		6,00	6,02
дисперсия	0,99	0,39		0,40	3,39
стандартное отклонение	0,99	0,62		0,63	1,84

Продолжение табл. А

замер 1 (10 июля)			режим	замер 2 (17 июля)	
№ банки	число листьев, шт.	масса, г.		число листьев, шт.	масса, г.
1	2	3	4	5	6
31	4	1,61	режим 3 (24 часа свет)	6	9,14
32	2	1,48		6	5,61
33	4	0,75		7	8,12
34	4	1,60		6	8,24
35	3	0,70		6	7,75
36	3	0,60		5	4,89
37	3	0,71		5	2,42
38	3	0,65		6	3,25
39	4	1,29		6	6,46
40	4	0,41		7	2,90
41	4	1,61		6	8,68
42	5	0,98		6	7,88
43	4	0,64		5	2,02
44	4	0,70		6	3,12
45	3	0,68		5	4,34
среднее	3,60	0,96		5,87	5,65
медиана	4,00	0,73		6,00	6,04
дисперсия	0,55	0,19		0,38	6,77
стандартное отклонение	0,74	0,44		0,62	2,60

Таблица Б

Изменения средних показателей выборок растений салата в ходе эксперимента

Режим освещения	замер 1 (10 июля)		замер 2 (17 июля)	
	сред. число листьев, шт.	сред. масса, г.	сред. число листьев, шт.	сред. масса, г.
1, контроль: свет – 16 час., темнота – 8 час.	3,80	1,10	6,87(+3,07*)	13,73(+12,63)
2: свет – 20 час., темнота – 4 час.	3,27	0,81	5,60(+2,33)	6,10(+6,19)
3: 24 часа свет	3,60	0,96	5,87(+2,27)	5,65(+4,69)

* указана величина прироста

Фамилия И.О. Катунова И.Д.
 Город Нижний Новгород
 Школа Лицей S28 и.и.им. Б.А.Королева

Шифр

Шифр

ЛИСТ ОТВЕТОВ
 на задания теоретического тура олимпиады школьников
 г. Саров 2025 г.

Внимание! Образец заполнения матрицы:

Правильный ответ	×	Отмена ответа	⊗	Отмена исправления	■
------------------	---	---------------	---	--------------------	---

Задание А. Один правильный ответ (максимально 60 баллов)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
а				×								×							×	
б					×			×												×
в	×	×				×			×		×		×			×	×	×		
г			×				×			×				×	×					

15

№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
а	×			×	×	×				×									×	×
б				×			×					×				×	×	×		
в								×	×		×			×	×	×	×	×		×
г		×	×										×	×	×					×

14

№	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
а	×					×	×						×							
б		×								×										×
в			×		×			×	×			×		×	×			×		
г				×							×				×	×			×	

17
46

Задание Б. Множественные ответы (максимально 30 баллов)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
а	×				×					×	×	×				×	×	×	×	×
б			×		×	×				×	×	×				×	×	×	×	×
в		×		×						×	×	×	×				×	×	×	×
г	×	×	×			×	×	×		×	×	×	×	×			×	×	×	×
д	×	×	×			×	×	×		×	×	×	×	×		×	×	×	×	×
е				×				×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

24

Задание В. Суждения (максимально 10 баллов)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДА			×	×		×				×
НЕТ	×	×			×	×	×	×	×	

9

Максимальное количество баллов – 100

ИТОГО: 79