



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
КАФЕДРА ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

**Влияние УФ излучения на рост,  
развитие и урожай огурца**

Выпускная квалификационная работа  
по направлению 44.03.05 Педагогическое образование  
Направленность программы бакалавриата  
«Биология. Безопасность жизнедеятельность»

Проверка на объем заимствований:  
69,3 % авторского текста

Работа рекомендована к защите  
рекомендована/не рекомендована

«26» мая 2017 г.

И.о. зав. кафедрой Общей биологии  
и физиологии  
(название кафедры)  
Байгужин П. А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/066-5-1  
Мешкова Анастасия Валерьевна *Мешкова*

Научный руководитель:

к.б.н., доцент

Третьякова Ирина Анатольевна

Челябинск

2017



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ	5
ГЛАВА 2. УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ СПЕКТР И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ	16
2.1. Общая характеристика спектра солнечной радиации	16
2.2. Воздействие ультрафиолетового излучения на растительный организм	24
2.2.1. Воздействие ультрафиолета на клеточном уровне	24
2.2.2. Воздействие ультрафиолета на организменном уровне	27
2.2.3. Воздействие ультрафиолета на популяционном уровне	28
ГЛАВА 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	51
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙ ОГУРЦОВ	54
ГЛАВА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ БИОЛОГИИ	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
ВЫВОДЫ	50
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	51
ПРИЛОЖЕНИЕ	58

## ВВЕДЕНИЕ

Воздействие на растительные объекты ультрафиолетовой радиации привлекает пристальное внимание научных работников в связи с нарастающим антропогенным влиянием на атмосферу и смещение в худшую сторону состояния озонового слоя, который защищает землю от губительного действия ультрафиолетовой радиации [14,24].

Известно, что УФ-лучи вызывают существенные изменения хода ростовых процессов и морфогенеза растений [1, 33, 38], поскольку УФ-лучи вызывают различные физиологические эффекты как в зависимости от дозы, спектра излучения, так и от вида и даже сорта растений. Поэтому представляется важным выяснение вопроса о роли различных участков УФ-спектра в изменениях процессе роста и развития растений. Характер действия УФ-лучей зависит от дозы и времени: при малых дозах у некоторых растений наблюдается стимуляция, а при больших – угнетение ростовых процессов [2, 8, 16].

Результаты ряда работ [33, 34, 39, 50, 52, 55], посвященных изучению действия ультрафиолета на растительные организмы дают основание считать, что даже при незначительном уменьшении стратосферного озонового слоя можно ожидать сравнительно наибольшего биологического эффекта ультрафиолетовой радиации, выраженного в изменении видового продуктивности растений и состава. Ультрафиолетовое излучение способно поменять характер сформированных конкурентных отношений между растениями. Виды в меньшей степени чувствительные к ультрафиолетовым лучам могут значительно менять структуру наземных экосистем и становиться доминантными.

Согласно литературным данным, ультрафиолет оказывает стимулирующее воздействие на растение, ускоряет биохимические процессы. Такая тема становится актуальной, так как одна из наиболее важных проблем в сельском хозяйстве является разработка и внедрение новых методов повышения продуктивности овощных культур. Использование ультрафиолетового излучения для создания высокопродуктивных видов растений является весьма перспективным направлением. В настоящее время накоплен обширный мате-

риал, свидетельствующий о положительном влиянии ультрафиолетового облучения семян на урожай и качество урожая овощных культур [53].

Данная работа посвящена изучению действия ультрафиолетового излучения на рост, развитие и урожай у растений огурца (*Cucumis sativus L.*)

Цель работы: Изучить влияние различных доз ультрафиолетовой радиации на рост, развитие и урожай у растений огурца (*Cucumis sativus L.*)

Задачи:

1. Изучить влияние различных доз ультрафиолетового излучения на рост и развитие растения огурец;
2. Выявить влияние различных доз ультрафиолета на урожай растения огурец;

Объект исследования: семена растения огурец (сорт Степной).

Предмет исследования: влияние ультрафиолетового излучения на рост, развитие и урожай растения огурец.

## ГЛАВА 1. РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

К важным процессам жизнедеятельности организма относятся процессы роста и развития. В одном организме процессы развития и роста зависят от целого ряда факторов (влаги, света, температура, воздух), вместе с тем, они взаимообусловлены между собой, зависят друг от друга [36, 43].

Рост и развитие – наиболее сложные интегративные процессы в жизнедеятельности организма. Они связаны с механизмами коррелятивных взаимодействий всех частей целого растения, водным режимом, питанием, двигательной активностью, транспортом веществ.

### *Рост растений*

Существует множество определений роста. Рост (по Д. А. Сабину) – новообразование клеточных структур и цитоплазмы, приводящее к увеличению размеров клеток и числа, органов, тканей и в целом всего растения. Критерии темпов роста – скорость нарастания объема, массы, размеров растения.

Изучая закономерности роста и развития Ю. Сакс выявил периодичность периода роста (большой период роста): медленный, постепенно ускоряющийся подъем скорости роста до максимума, который в течение того или иного времени остается постоянным, затем снижение до нуля. Прирост объема, веса, длины и т. д. идет по S-образной кривой, поэтому говорят о S-образном ходе роста. На этой кривой выделяют несколько характерных участков [45]:

1) латентная, или лаг-фаза, во время которой отсутствует видимый рост. В период лаг-фазы происходят процессы, предшествующие видимому росту (синтез ферментов, фитогормонов, белков, DNK и RNK). У разных растений лаг-фаза прорастающего семени может длиться от нескольких часов до нескольких месяцев, что связано с избытком или отсутствием в семени физиологической незрелостью зародыша, определенных фитогормонов, обеспеченностью семян необходимой кислородом, водой, температурой и другие. Прорастание семян (зародыш) – обеспечение мобилизации органических веществ (способствует питанию зародыша, стимулирует начало, запуск ростовых

процессов всего организма). Гиббереллин в эндосперме вызывает синтез новых порций гидролитических ферментов, которые расщепляют связанные гормонально-белковые комплексы цитокининов и ауксинов. Апикальная меристема начавшего рост зародышевого корня синтезирует цитокинины, которые тормозят развитие боковых корней и стимулируют рост coleoptilya. Синтезируемый в верхушке coleoptilya ауксин активирует растяжение клеток в coleoptиле (стимулирует рост верхушки, то есть зародыш появляется из земли), а также заложение придаточных и боковых корней (ветвление корешка и побегов). Апикальные меристемы образующихся корней интенсивно синтезируют гиббереллины и цитокинины, стимулируя рост побега. Во время развития пророста регуляция зависит от эндогенных гормонов и специфической реакции отдельных органов на это изменение. Основную роль в процессе ориентировки роста играет гормон ауксин.

2) логарифмический (экспоненциальный), или интенсивного роста – выражается, по отношению к времени прямой линией (большой период). В данной фазе происходит формирование органов, тканей, активный рост клеток растяжением, устанавливаются межтканевые и межорганные взаимодействия. Перед цветением активность ауксинов уменьшается, для длиннодневных растений резко увеличивается гиббереллин. После оплодотворения в семязачатке возрастает уровень цитокининов, и далее ауксинов. Семя становится очень сильным аттрагирующим органом. Часть ингибируется в комплексе с другими веществами, а часть распадается. В зимующих органах растений формируется зародышевые структуры (почки, глазки у клубней, луковицы), так же переходят в состояния покоя.

3) фаза замедленного роста отражает начало дифференцировки и постепенное прекращение роста. Её быстрый переход к стационарной фазе свидетельствует о высокой скорости, которая обычно вызывается высокой температурой, недостатком влаги или другими факторами.

4) фаза покоя (стационарного состояния) – орган или организм достигает зрелости, ростовые процессы прекращаются, размеры стабилизируются в стадию покоя.

Продолжительность фаз может значительно колебаться, в зависимости от внутренних и внешних факторов. Увеличение продолжительности связывают с избытком ингибиторов роста, отсутствием стимуляторов, недоразвитием зародыша, недостатком кислорода или воды, отсутствием оптимальных температур. Закон Ю. Сакса универсален. Однако внешние факторы и наследственность оказывают на него свое влияние; поэтому кривые Сакса могут иметь разную форму, то есть они специфичны. В некоторых случаях скорость роста может описываться и многовершинной кривой. С неравномерностью роста связано изменение важнейших физиологических процессов. Интенсивность роста отдельных органов или растения определяют, измеряя поверхность, объем, длину, вес сухой и сырой биомассы растения и т. д. Определяют относительную скорость роста (прирост, вычисленный в процентах от исходного роста); абсолютную скорость роста (прирост за какой-то промежуток времени); удельную скорость роста, т. е. скорость превращения живой биомассы растения (или органа) за единицу времени.

В совокупности все процессы определяют прежде всего реализацию основной функции растительного организма – роста, сохранения вида, образования потомства. Эта функция осуществляется через процессы развития и роста. Следовательно, можно выделить закономерности и особенности роста и развития растений.

*Закономерности и особенности роста и развития растений:*

1. Локализация роста – ростовые процессы локализованы в меристемах. Различают латеральные, апикальные и интеркалярные меристемы. Верхушечные, или апикальные, меристемы расположены на концах боковых и главного растущих побегов и кончиках корней всех порядков. Это апексы, или точки роста. Конусообразный апекс побега называют конусом нарастания. Апикальные меристемы главного корня и побега закладываются на ранних фазах

развития зародыша. За счет этих меристем осуществляются рост осевых органов в длину, формирование всех надземных органов растения, образование зачатка органа и первоначальное разделение его на ткани. Активируя или подавляя деятельность апикальной меристемы, можно влиять на устойчивость и продуктивность растений. Апикальные меристемы корня и побега – это главные доминирующие (координирующие) центры растения, определяющие его морфогенез. Стебель однодольных растений растет также за счет вставочной (интеркалярной) меристемы, расположенной в основании молодых листьев и междоузлий. Утолщение корня и стебля обеспечивают (боковые) меристемы: первичные – перицикл и прокамбий, и вторичные – феллоген и камбий. Постоянный рост растения на всех этапах онтогенеза позволяет ему удовлетворять потребности в элементах питания, воде и энергии. Некоторые органы растений (плоды, листья, цветки) растут до определенного размера, стареют и отмирают. Для растений характерны регенерационные процессы. Активность меристем зависит от сложных взаимоотношений внутри растительного организма (корреляция, симметрия, возрастные изменения, полярность и т.д.), влияния внешних условий [22].

2. Неравномерность роста (ритмичность) – чередование процессов замедленного и интенсивного роста. Она зависит не только от изменений внешних факторов среды, но и контролируется внутренними факторами (эндогенно), закрепленными генетически в процессе эволюции. Процессам роста свойственна периодичность, которая обуславливается факторами внешней среды и особенностями процессов роста. У растений наиболее распространены циркадные ритмы с периодом около суток. С такой периодичностью изменяется, например, митотическая скорость роста (период 24 часа) и активность в меристемах (период около 20 часов). К подобным эндогенным ритмам относятся ритмы дыхания и фотосинтеза, транспирации, транспорта веществ, закрывания и открывания цветков и т. д. Околосуточные ритмы тесно связаны с суточными колебаниями температуры, освещенности и других факторов среды, причем сложившаяся периодичность физиологических процессов не-

которое время сохраняется у растений и при изменении условий среды, вследствие чего эти ритмы названы эндогенными. Благодаря эндогенным ритмам живые организмы хорошо приспособлены к тем условиям, в которых они обитают, мало завися от случайных погодных флуктуации. Кроме суточной периодичности рост растений подвержен изменениям в течение сравнительно длительных периодов, например сезонной периодичности. Такая периодичность выражается в образовании годичных колец в древесине растений умеренного пояса, у которых рост стволов в толщину, прекращается осенью и достигает максимума в летнее время [22, 23].

На скорость роста влияют экзогенные факторы – вода, свет и другие. Они вместе с эндогенными факторами обуславливают периодичность роста. У растений наиболее распространены циркадные ритмы с периодом около суток. Они связаны с суточными колебаниями температуры, освещенности. Периодичность роста и развития в течение сравнительно длительного периода, связанного со сменой времен года называют сезонной периодичностью (образование годичных колец). Неблагоприятные условия вызывают:

- изменения в коллоидных веществах цитоплазмы;
- изменение в количественных соотношениях веществ цитоплазмы;
- повышение количества запасных веществ;
- растение переходит в состояние покоя [27].

Покой – это физиологическое состояние растений, когда все жизненные процессы заторможены. У растений периоды роста чередуются с периодами покоя. Различают покой физиологический и вынужденный. Вынужденный покой обусловлен только факторами внешней среды (низкими температурами в ранневесеннее время и зимнее). Физиологический покой обусловлен эндогенными причинами. Переход в состояние покоя связан с оводненности цитоплазмы и снижением общего уровня гидрофильности коллоидов. Происходят процессы обогащения цитоплазмы фосфатидами и жирами. В результате этих явлений усиливаются гидролитические и ферментативные процессы, снижает-

ся проницаемость тканей. Состояние покоя регулируется соотношением фитогормонов: гиббереллины и цитокинины выводят из состояния покоя.

3. Полярность роста – неравноценность противоположных полюсов клетки, целого организма, органа; активности ростовых процессов в пространстве или специфическая ориентация структур организма. Наиболее характерной особенностью строения растительного организма является аксиальная или осевая полярность, то есть наличие хорошо развитой продольной оси, несущей латеральные органы – боковые побеги и корни, листья и цветы. Полярность у растений в онтогенезе проявляется в наличии различных закономерных радиальных и осевых градиентов. Различают три типа градиентов: физиологические, физико-химические, морфологические и анатомические [31]:

Физико-химические градиенты – это различия в осмотическом давлении, температуре, биоэлектрических потенциалов, концентрации разнообразных соединений в тканях и клетках, в значении pH и другие. Так, в растениях содержание воды в листьях зольных элементов повышается, а от основания стебля к верхушке уменьшается. Передвижение и поступление в растениях ионов связаны с электрическими градиентами.

Физиологические градиенты – это различия в интенсивности физиологических процессов (дыхание, транспорт веществ, фотосинтез, устойчивость, рост, транспирация и другие).

Анатомические и морфологические градиенты – это различия в строении клеток, корней по оси растения или органа, форме, листьев. Все градиенты в растении взаимосвязаны.

Физиологические и физико-химические градиенты обуславливают интенсивность роста и других процессов жизнедеятельности растения. Уровень этих градиентов характеризует физиологическую активность растения; их определение важно для практических целей. Полярность – необходимое условие развития и роста, реализации генома растения. Различные градиенты, полярность меняются в онтогенезе растений, в процессах их адаптации к условиям среды.

4. Корреляция роста – отражают зависимость роста и развития одних органов, частей растения или тканей от других, их взаимное влияние. Корреляции роста проявляются на разных уровнях организации растения. Дифференциация и рост эмбриональной клетки зависят от окружающих ее тканей и клеток. Клетки, выделенные из ткани, в клеточной культуре развиваются по иному пути, могут дать начало целому растению. Корреляции особенно наглядно проявляются при рассмотрении роста отдельных органов растения [24].

Взаимодействие может быть тормозящим или стимулирующим рост [15]. При размножении растений черенками, на которых имеются листья, стимулируется образование корней. Формирующиеся семена сочноплодных растений, выделяя ауксин, стимулируют рост околоплодника. Удаление кончика корня усиливает ветвление корня. Удаление пасынков (боковых побегов) вызывает интенсивный рост плодов. Боковые почки побегов многолетних и однолетних растений при интенсивном росте верхушечной почки могут оставаться в состоянии покоя. Во всяком случае, после удаления апикальной верхушки боковые почки начинают расти. Если у подсолнечника удалить корзинку в период ее формирования, то спящие почки, находящиеся в пазухах листьев, образуют боковые побеги с небольшими корзинками. Удаление верхушки побега проявляется после обрезки у кустарниковых и древесных плодовых и ягодных растений (виноград, яблоня и другие), после укусов у многолетних трав. Торможение роста боковых корней и побегов называют апикальным доминированием. Степень апикального доминирования зависит от освещения, возраста и вида растения [40].

Важнейшим эндогенным механизмом морфогенеза и роста в растении является гормональное взаимодействие двух доминирующих центров: верхушки корня (цитокинин) и верхушки побега (ИУК). Роль ауксина в апикальной почке заключается в создании мощного аттрагирующего центра, в результате цитокинин и питательные вещества, синтезированный в корнях, поступают преимущественно в апикальную почку. Поэтому приток цитокинина к пазушным почкам после устранения апикальной стимулирует в них клеточные деления [47].

Верхушечная почка влияет на растяжение клеток корня и побега, образование проводящих элементов, верхушка побега – на ориентацию листьев, корней и боковых побегов растения. Кончик корня, синтезируя цитокинин и являясь аттрагирующим центром, контролирует рост клеток корня в зоне растяжения, закладку проводящих пучков и образование боковых корней. Верхушка корня воздействует на формирование и активность листьев, развитие стеблевых апексов. Важные ростовые эффекты дает взаимодействие доминирующих центров с листьями, вырабатывающими абсцизовую кислоту (АБК) и гиббереллины.

Коррелятивные отношения между отдельными частями растения зависят от баланса питательных веществ, складывающегося в растительном организме [9, 49]. Этим во многом определяются корреляции между корнем и побегом, урожаем семян и плодов, размерами листовой поверхности, торможение вегетативного роста при плодоношении.

Рост охватывает те процессы, при которых растение формирует свой организм, увеличивая размеры тела и массу. Растения растут только при благоприятных условиях окружающей среды. Особенно важное значение для роста имеют свет, воздух, температура и влага. Каждое растение нормально растет при оптимальной температуре. Для всех растений характерно замедление роста при снижении температуры воздуха до 0°C. При температуре 20–25°C рост большинства растений усиливается, а при слишком высокой – снова замедляется. Некоторые ранневесенние растения могут расти при сравнительно невысоких температурах воздуха [10]. Это характерно и для растений высокогорных районов и полярных. Приспосабливаясь к определенным температурам, растения могут расти и в жаркой пустыне, и в холодной тундре.

Кроме тепла, растению необходимы влажность воздуха и почвы. При нехватке воды и растворенных в ней минеральных веществ происходит обезвоживание растения, а при недостатке света (в темноте) растения обесцвечиваются. Во время роста растений особое значение имеют регуляторы роста, которые образуются в верхушке побега. Это такие вещества, как гормоны, ферменты, вита-

мины. Регуляторы роста влияют прежде всего на цитоплазму молодых клеток, вызывая в ней изменения, связанные с ростом их оболочек и делением клеток. Они участвуют в дифференциации тканей, а также при вегетативном размножении ускоряют формирование дополнительных корней у растений [43].

### *Развитие растений*

Одновременно с ростом растений происходит их развитие. В организме растения процессы развития и роста взаимосвязаны. Рост ведет к количественным изменениям, а развитие – к качественным. При этом развитие не всегда зависит от накопления большой массы. Возможно медленное развитие и быстрый рост у растений. И наоборот – быстрое развитие и замедленный рост [40, 63].

Развитие – это качественные изменения функциональной активности растения и его частей (клеток, органов, тканей), структуры в процессе онтогенеза. Критерием темпов развития является переход растений к репродукции и воспроизведению. Это позволяет рассматривать процессы роста и развития постепенно. Они находятся под контролем генома и регулируются рядом внешних и внутренних факторов. Для растения определяющее значение имеет согласованность взаимодействия внутренних и внешних факторов, участвующих в регулировании этих процессов. Возникновение качественных различий между тканями, клетками и органами получило название дифференцировки. В понятие «развитие» входят также и возрастные изменения. Примером развития является образование цветка. Отдельные его части также растут, но в целом его появление – новое качественное состояние всего организма. Поэтому цветение – показатель определенного этапа развития растения [63].

Все преобразования, которые происходят в организме от момента образования зиготы до окончания жизни, называют индивидуальным развитием. В индивидуальном развитии семенных растений выделяют постзародышевый периоды и зародышевый. Зародышевый период начинается от образования зиготы и продолжается до момента прорастания семени, после чего наступает послезародышевый период. Он включает этапы проростка, молодости, зрелости и старости.

Этап проростка длится от момента прорастания до формирования первых зеленых листьев. В это время проросток питается за счет запасных питательных веществ семени.

Этап молодости – период жизни от появления первых зеленых листьев до начала цветения. В это время усиленно формируются и растут все вегетативные органы растения. Молодое растение, в отличие от проростка, питается за счет фотосинтеза.

Дальнейшее развитие однолетних, двулетних и многолетних растений происходит по-разному. Однолетние растения на протяжении года полностью завершают рост, цветут, образуют семена и плоды и отмирают. Время их молодости непродолжительно (горох, огурцы, укроп): уже через 30–40 дней после прорастания они образуют цветки и вскоре плодоносят. У двулетних растений (моркови, капусты) на первом году жизни развиваются только листья и корни. На следующий год они образуют семена, цветonoсный побег, плоды и после этого отмирают. Многолетние травы могут плодоносить и цвести на протяжении нескольких лет, но все их надземные части ежегодно отмирают (например, хрен, пырей, ландыш). Деревянистые многолетние деревья и кустарники (например, смородина, дуб, лесной орех, дуб, яблоня, крыжовник) достигают своих максимальных размеров через десятки, а то и сотни лет, а первое плодоношение и цветение у них наступает только через год, иногда через несколько лет после прорастания. Они плодоносят на протяжении многих лет [44].

Этап зрелости длится от начала первого цветения до прекращения размножения с помощью семян. Со временем даже растения с продолжительным периодом жизни прекращают образование генеративных органов.

Завершающий этап жизненного цикла растения – старение – длится от завершения последнего плодоношения до момента гибели организма.

Развитие и рост растений напрямую связаны с условиями окружающей среды. Основными внешними факторами являются тепло, свет (солнечный спектр), влага, воздух и питательные вещества [27]. В составе солнечного

света есть невидимые коротковолновые лучи, называемые ультрафиолетовыми [41]. Они представляют собой процесс переработки и усвоения солнечной энергии, поэтому сельскохозяйственное производство возможно только при условии поступления солнечной энергии на поверхность Земли [2].

## ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

### 2.1. Общая характеристика спектра солнечной радиации

Солнечная энергия – незаменимое условие жизни зеленых растений, превращающих в ходе фотосинтеза солнечную энергию в высокоэнергетические органические вещества. В спектре солнечной радиации на промежуток длин волн между 0,1 и 4,0 мкм доводится 99% всей энергии солнечного излучения. Всего 1% остается на радиацию с большими и меньшими длинами волн, вплоть до радиоволн и рентгеновских лучей [5].

С физической точки зрения энергия Солнца является потоком электромагнитных излучений с различной длиной волны. Спектральный состав солнца колеблется в широком диапазоне от длинных волн до волн исчезающе малой величины. Из-за отражения, поглощения и рассеяния лучистой энергии в мировом пространстве. На поверхности земли солнечный спектр ограничен, особенно в коротковолновой части. Если на границе земной атмосферы ультрафиолетовая часть солнечного спектра составляет 5%, инфракрасная – 43% и видимая часть – 52%, то у поверхности земли ультрафиолетовая часть составляет 1%, инфракрасная часть солнечного спектра – 59% и видимая – 40%. У поверхности земли солнечная радиация всегда меньше, чем солнечная постоянная у границы тропосферы. Это объясняется как различной чистотой атмосферного воздуха, так и различной высотой стояния солнца над горизонтом, большим разнообразием погодных условий, осадками, облаками и т. д. При подъеме на высоту интенсивность солнечной радиации увеличивается, а масса атмосферы, проходимой солнечными лучами, уменьшается [53].

Растительные группировки, как и другие объекты земной поверхности, способные отражать солнечную радиацию. Это явление связано преимущественно с оптическими свойствами листовой поверхности. От проективного покрытия растений и фенологического состояния, условия поступления облучения, видового состава группировки зависит способность отражать солнечные лучи.

Солнечный свет содержит в себе видимый свет полного спектра, а заодно не видимые человеком инфракрасное и ультрафиолетовое излучение [42, 51]. Свет состоит из волн, которые отличаются длиной волны (мы воспринимаем длину волны как цвет). Однако части спектра по-разному влияют на растения.

Если познакомиться со светокультурой таких растений как томаты и огурцы, в таком случае возможно выделить такие особенности: для огурцов возможное соотношение синего (400–500 нм), зелёного, жёлтого (500–600 нм) и красного (600–700 нм) излучения. В случае если на огурцы долгое время влиять красным светом наиболее 40%, то в результате последние начнут чахнуть. Заключение такое, огурцам необходимо уменьшить процент красного облучения. А томаты, напротив, станут развиваться намного лучше под фитолампами с огромным количеством красного излучения. Кривая синтеза фотосинтеза, хлорофилла имеет прогиб в зелёном спектре между синим и красным спектром, и растёт от синего к красному в процессе фотоморфогенеза [16, 26]. Таким образом установлено, что в плотных стеблях и листьях растений под воздействием зелёного и жёлтого света лучше проходит процесс фотосинтеза, из-за хорошей проникающей способности зелёного спектра, зелёный свет проникает к нижним листьям ветвистых растений и к густо посаженным посевам [20].

Это приводит к тому, что со светодиодными светильниками только с синим и красным и диапазоном не так всё просто, все без исключения растения разнообразны и потребности у них так же различны [11]. Наиболее лучшее освещение для растений даёт солнце или специальные фитолампы, однако попробуем разобраться и в остальных спектрах, при помощи которых мы можем приблизить изготовление светодиодной фитолампы близкое по спектру к солнечному свету (рис.1).

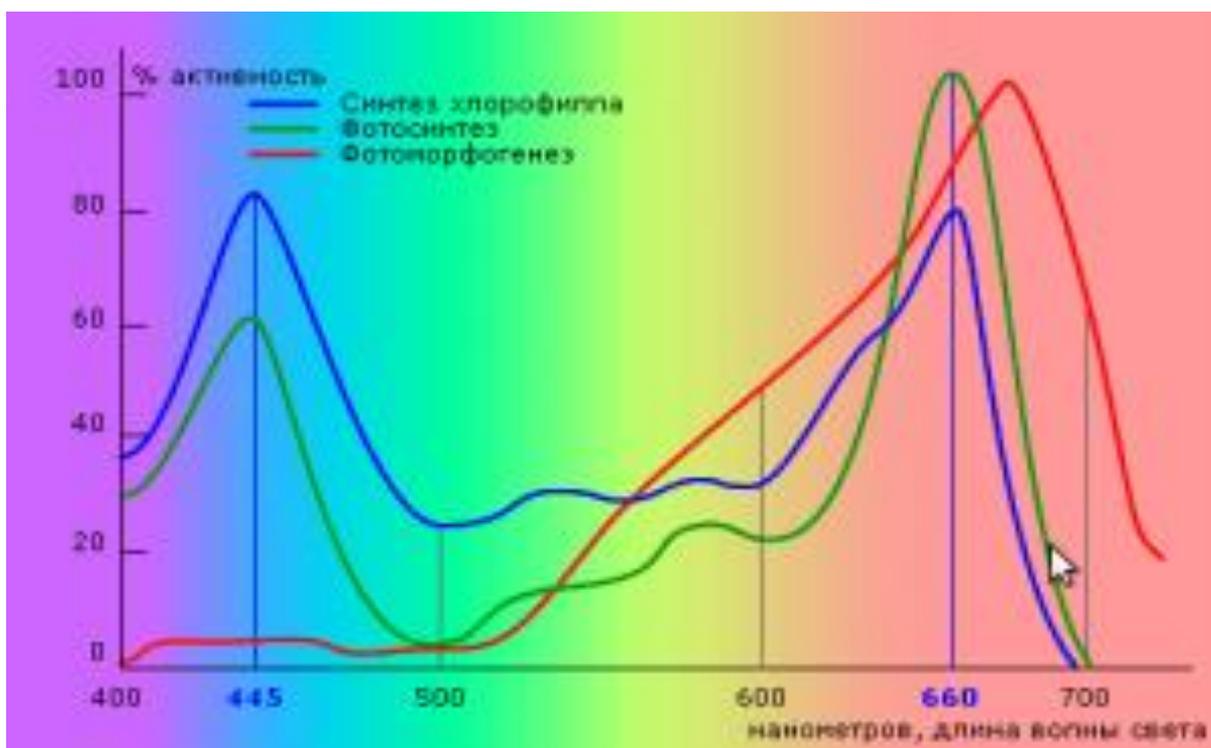


Рис. 1. Воздействие ультрафиолета на клеточном уровне [46, с.102]

### *Ультрафиолетовое излучение*

Ультрафиолетовая радиация (ультрафиолетовые лучи) – электромагнитное излучение, занимающее спектральный диапазон между рентгеновским и видимым излучениями в пределах длин волн 400–20 нм. Вся область ультрафиолетовой радиации условно делится на ближнюю (400–200 нм) и вакуумную, либо дальнюю (200–10 нм) – сильно поглощается воздухом. Длины волн УФ излучения лежат в интервале от 10 до 400 нм ( $7,5 \cdot 10^{14}$  –  $3 \cdot 10^{16}$  Гц).

Ближний ультрафиолетовый свет был открыт в 1801 году немецким ученым Н. Риттером и британским ученым У. Волластоном по физиологическому воздействию данного излучения на хлористое серебро. Вакуумная ультрафиолетовая радиация обнаружена немецким ученым В. Шаманом при поддержке возведенного им вакуумного спектрографа с флюоритовой призмой (1885–1903) и безжелатиновых фотопластинок. Он получил возможность фиксировать коротковолновое излучение до 130 нм. Английский ученый Т. Лайман в 1924 году, впервые построив вакуумный спектрограф с вогнутой дифракционной решеткой, фиксировал ультрафиолетовую радиацию с дли-

ной волны до 25 нм. К 1927 году был исследован весь промежуток среди вакуумной ультрафиолетовой радиацией и рентгеновским излучением. Наибольший интерес представляет ультрафиолетовое излучение Солнца и искусственных источников ультрафиолетового излучения в диапазоне 400–180 нм. Внутри этого диапазона выделяют три области:

- Коротковолновое (200–290 нм)
- Средневолновое (290–350 нм)
- Длинноволновое (350–400 нм)

Физиологическое влияние на всевозможные организмы у них различное. В природе попадает только длинноволнового и часть средневолнового света. Часть средневолнового и коротковолновое излучения поглощаются озоновым слоем атмосферы [13].

### ***Короткие УФ-волны***

Короткие волны ультрафиолета 200–290 нм высокоэнергичны, владеют возможностью разрушать и менять биологические молекулы. Белки поглощают излучение в пике 220–240 нм, нуклеиновые кислоты 260 нм, возбуждение от этих лучей приводит к изменению либо в целом к разрыву химических соединений, результат: белки не осуществляют собственные функции, нуклеиновые кислоты подвергаются мутациям.

Кроме того короткие волны стимулируют фотолиз воды создавая свободные активные радикалы и перекись водорода, последние в свою очередь разрушают и окисляют органические молекулы, но начинают отмирать живые клетки. Непосредственно коротковолновое излучение используют в качестве бактерицидного [15]. Короткие волны для жизнедеятельности растений губительны, однако некоторые лабораторные работы с использованием в небольших количествах данного излучения повлекли к положительным итогам скорости роста (примерно до 50%), но единой формулы использования этого спектра для всех растений нет, для каждого растения применима определённая доза. Впрочем необходимые дозы подобного облучения оказались строго специфичными для каждого вида растений. Небольшое повышение

приводило к понижению роста, а подавление приводило к снятию стимулирующего эффекта. С высокой активностью и опасностью для растений, в бытовых условиях полезное действие коротковолнового излучения малоприменимо. Таким образом, в промышленности стоит задуматься о его применении.

### ***Средние УФ-волны***

Растения при непрерывном облучении средними волнами в больших дозах гибнут, в небольших дозах увеличивается пигментация растений, но если средневолновое излучение применять в малых дозах непродолжительно до 20 минут суммарно каждый день, возможно достичь положительных итогов ускорений размеров и роста многих видов растений. Томаты вырастают на половину крупнее, на четверть крупнее растения кукурузы, рис и хлопчатник 30–50%. Цветение облучаемых растений начинается ранее сроков, а плоды набирают значительную массу. Высокогорные виды растений на средневолновое облучение реагируют ещё сильнее, однако увеличение доз губительно, приводит к измельчению листьев, плохому росту, ослаблению и в результате к гибели растения [44, 62]. Однако возможно предполагать периодическое облучение растений ультрафиолетовыми лучами среднего спектра, как относительно безопасных и сохраняющих стимулирующее влияние. В особенности это справедливо для высокогорных растений. Таким образом, необходимо иметь в виду, что превышение способно послужить причиной гибели цветов.

### ***Длинные УФ-волны***

Длинные волны ультрафиолета 350–400 нм безопасны для всех растений. Успешно влияют на развитие высокогорных растений при длительном облучении с общим потоком света, в разы повышает синтез терпенов, алкалоидов и эфирных масел – это может помочь при выращивании петрушки, укропа и необычных ёлочек с малопонятными шишками. Повышается число цветковых почек заложенных в памяти растения [1]. Представляет вероятность выращивать растения короткого и длинного дня с применением освещения одним и тем же по продолжительности досветки, в таком случае сгла-

живается фотопериодические реакции, в таком случае способен вызывать покраснения листьев, т.к. вызывает синтез антоцианов и каротиноидов.

По современным данным, поглощение зеленым листом излучения в зоне 330–400 нм достигает 92% от падающего. Длинноволновое ультрафиолетовое излучение (от 295 до 380 нм) в умеренных дозах необходимо для нормального обмена веществ растений и формирования органов. Это излучение проникает через эпидермис листьев и оказывает значительное влияние на жизнедеятельность растений [25].

Важное значение имеет прозрачность атмосферы. Как правило, на больших высотах (3000 м) доля длинноволнового излучения во много раз больше, чем над уровнем моря [51]. Наблюдаемые на высокогорье особенности морфологического строения, физиологических и биохимических процессов в значительной степени определяются большим количеством ультрафиолетового излучения. Искусственное излучение в зоне 295–380 нм должно способствовать выращиванию нормальных растений и получению большого урожая.

Длинноволновое излучение ультрафиолетом достаточно слабо поглощается атмосферой, но достигает почву или растительный покров. Длинноволновая часть ультрафиолетового спектра (300–400 нм) необходима растениям в очень незначительных дозах – стимулирует обмен веществ и процессы роста, а также сглаживает фотопериодические реакции растений. Стимулирующего эффекта при сильном, но кратном облучении нет. А долговременное воздействие положительно сказывается на высокогорных видах.

Соотношение интенсивности среднего и длинного диапазона ультрафиолетового излучения, общее количество УФ-лучей, достигающих поверхности Земли, зависит от следующих факторов:

1. Высоты Солнца над горизонтом;
2. Высоты над уровнем моря;
3. Концентрации атмосферного озона над земной поверхностью;
4. Атмосферного рассеивания;
5. Состояния облачного покрова;

6. Степень отражения УФ-лучей от поверхности (воды, почвы) [87].

### ***Общие физиологические аспекты ультрафиолетового излучения***

Под ультрафиолетовыми лучами активизируется синтез каротиноидов. Таким образом, краснеют листья. Синтез хлорофилла снижается от длительного воздействия, а от кратковременного, напротив, увеличивается. Установлено и повышение синтеза определенных биологически активных веществ [30].

Многие растения реагируют на всю часть ультрафиолетового спектра, однако не все. К исключениям относятся сосны. Похожее излучение замечательно воздействует, когда его применяют в искусственной подсветке. К примеру, закладывается наибольшее количество цветочных почек [26]. Если световой день длинный, то такая досветка его фактически укорачивает. Это активизирует цветение непосредственно короткодневных растений. Но и не приносит вреда растениям, имеющим необходимость в продолжительном световом дне. При такой подсветке они вполне нормально зацветают. Следовательно длинные волны ультрафиолета выравнивают фотосинтетически активной радиации растений [42].

Кроме того отмечается, что положительное влияние УФ-лучей обычно совершаются при присутствии значительной температуры и наилучшего освещения. Подобные условия содействуют наиболее стремительному обновлению поврежденной клетки. Есть правило расчета доз ультрафиолетового излучения. Чем менее света получает растение в природных условиях, тем наибольшим повреждениям способен подвергнуться от УФ-лучей. Поэтому обращаться с УФ-излучением стоит весьма осторожно [33].

### ***Действие спектра солнечной радиации на растения***

Солнечный свет или от специальных ламп, используемых для выращивания овощей, не считается однородной субстанцией, а предполагает собой соединение электромагнитных волн с разной протяженностью, размеренно переходящих друг в друга. Это соединение называется спектр света, а составляющие – спектральные части [2, 4, 12].

На растения свет влияет косвенно или прямо всеми частями спектра – видимыми глазом и невидимыми. Видимый свет носит название белого, а невидимые составляют инфракрасную и ультрафиолетовую части. Весь видимый свет с ближними отрезками является фотосинтетически (либо физиологически) активной радиацией (ФАР) [29].

Каждому участку спектра света специализированна собственная роль в жизнедеятельности растений. Ультрафиолетовое излучение менее 280 нм считается для растений губительным. От 10–15 минут подобного влияния утрачивают структуру растительные белки и прекращают деятельность клетки [9]. Внешне это проявляется в побурении и пожелтении листьев, скручивании стеблей и отмирании точек роста.

Длинные ультрафиолетовые лучи (315–380 нм) нужны для роста и обмена веществ растений. Они удерживают вытягивание стеблей, увеличивают содержание витамина С и других [15]. Средние лучи (280–315 нм) воздействуют подобно сниженным температур, способствуя процессу закаливания растений и увеличивая их холодостойкость.

Лучи синие и фиолетовые замедляют рост пластинок и листовых черешков, стеблей, сформируют компактные растения и наиболее толстые листья, позволяющие наилучше использовать и поглощать свет в целом. Эти лучи активируют формирование белков, органосинтез растений, переход к цветению короткодневных растений, тормозят развитие растений длиннодневных. Сине-фиолетовая часть спектра света практически целиком поглощается хлорофиллом, что формирует условия для максимальной интенсивности фотосинтеза [29, 34, 36].

Зеленые лучи практически проходят через листовые пластинки, не поглощаясь ими. Последние под их воздействием становятся очень тонкими, а осевые органы растений вытягиваются. Уровень фотосинтеза – самый низкий.

Красные лучи в сочетании с оранжевыми предполагают собой главный вид энергии для фотосинтеза. Более значительной считается область 625–680 нм, содействующая интенсивному росту осевых органов и листьев растений.

Этот свет очень полно поглощается хлорофиллом и повышается образование углеводов при фотосинтезе. Зона красно-оранжевого света содержит главное значение для всех физиологических процессов в растениях [57, 60].

Ученые определили особенность красных лучей (600–690 нм) невысокой интенсивности (не выше 620 лк) активно воздействовать на физиологические процессы в растениях, чувствительных к смене света темнотой и обратно (фотопериодических). Однако это в первую очередь принадлежит к тепличным огурцам и томатам. При облучении их в вечерние сумеречные часы указанным светом специальных ламп был получен эффект ускоренного развития, увеличение ростовых процессов и повышения урожайности.

Инфракрасные лучи различно влияют на растения. На ближний инфракрасный свет (до 1100 нм) недостаточно влияют томаты и довольно сильно огурцы. Этот диапазон света действует на растяжение подсемядольного колена, побегов и стеблей. Ближнее излучение при не высоких температурах может частично поглощаться хлорофиллом и не перегревать лист, что будет полезно для фотосинтеза. Более длинные лучи только повышают температуру листа. По мере увеличения их длины лист начинает завязать с окончательным итогом его гибели, как и всего растения [62, 66].

## **2.2. Воздействие ультрафиолетового излучения на растительный организм**

### **2.2.1. Воздействие ультрафиолета на клеточном уровне**

Существует множество различных факторов воздействующих на фотосинтез растений, а непосредственно – процент  $\text{CO}_2$ , температура, водный режим, макро-микроэлементы в растворах гидропоники или в составе почвы и другие, фотопериод и освещение является одним из основных.

В природных либо исследовательских сформированных условиях стрессовое состояние у растений вероятно вызвано высоким уровнем ионизирующего либо ультрафиолетового излучения. Важная значимость облуче-

ния сопряжена с его воздействием на генетический аппарат клетки. Разнообразные виды излучений вдобавок нарушают множество физиологических процессов: фотосинтез, дыхание, рост активный транспорт, синтез белка и ионный баланс [39].

В лучевом поражении клеток значительную роль представляют возникающие при радиационном влиянии токсичные продукты окисления биосубстратов и ненасыщенных жирных кислот (радиотоксины). Получившиеся при облучении водорастворимые, а кроме того липоидные радиотоксины взаимодействуют с генетическими мембранами и структурами и, следовательно, представляют значительную роль в формировании лучевого поражения клетки.

Радиотоксины готовы стремительно реагировать с ДНК и функционировать на внутренние мембраны клеток, инициируя мутагенные результаты. При влиянии на мембраны митохондрий появляются нарушения в окислительно-восстановительных процессах, сопряженных с реакциями окислительного фосфорилирования. Подразумевается, что липоидные радиотоксины функционируют в основном на мембраны, а хиноидные радиотоксины реагируют с ДНК ядра, инициируя нарушение информации в ней [46].

Основное влияние излучения на генетический материал порождающий разрыв хромосом, вследствие чего возникают фрагменты, а далее и рекомбинации, инициирующие возникновение хромосомных перестроек. Наиболее мощное влияние радиации приводит к прекращению митозов и тяжелому повреждению ядер.

В данный период стремительного формирования атомной энергетики наибольшее внимание притягивает вопрос прочности растений и напрямую стабильности их к ионизирующему излучению [27]. Главную значимость в защите растений от облучения представляют репарационные процессы, между ними разделяют репарацию генетических распоряжающихся систем клетки и репарацию отдельных клеточных структур.

Устойчивость растений к воздействию радиации способен формироваться вблизи факторов как на молекулярном, так и на более значительных уровнях организации [46]:

1. Уровень радиационного повреждения молекул ДНК в клетке сокращают системы возобновления ДНК, независимые (темновая репарация) или зависимые от света. Подобного рода восстановление целостности ДНК содействует кроме того снижению изменений (повреждений) и в хромосомах.
2. Защиту на уровне клетки реализовывают вещества – радиопротекторы. Их роль заключается в гашении свободных радикалов, образующих при облучении (и повреждающих многие биологически важные молекулы – нуклеиновые кислоты, белки-ферменты, липиды мембран и другие), в формировании локального недостатка кислорода либо в блокировании реакций с участием продуктов – производных радиационно-химических процессов.

Функцию радиопротекторов осуществляют сульфгидрильные соединения (цистеин, глутатион, цистеамин и другие) и подобные восстановители, как аскорбиновая кислота; ионы металлов и элементы питания (железо, калий, кобальт, натрий, фосфор, бор, цинк, висмут, кальций, магний, сера); ряд ферментов и кофакторов (полифенолоксидаза, пероксидаза, каталаза, NAD, цитохром с); ингибиторы метаболизма (хиноны, фенолы); активаторы (кинетины, гибберелловая кислота, ИУК) и ингибиторы роста (кумарин, абсцизовая кислота) и другие [37].

3. Возобновление на уровне организма поддерживается у растений:

- неоднородностью популяции делящихся клеток меристем, некоторые включают клетки с различной интенсивностью деления;
- асинхронностью делений в меристемах, таким образом в каждый данный период в них находятся клетки на различных фазах митотического цикла с неодинаковой радиоустойчивостью;
- присутствием в апикальных меристемах фонда клеток типа покоящегося центра, которые приступают к инициативному делению при остановке деления клеток главной меристемы и возобновляют меристему и инициальные клетки;

- присутствием покоящихся меристем типа спящих почек, которые при гибели апикальных меристем начинают активно действовать и возобновляют повреждение.

Все эти механизмы защиты и возобновление не считаются характерными только для растений и по этой причине их исследование немаловажно для решения проблемы радиостойчивости растений и других живых организмов [38].

Устойчивость к ультрафиолетовому излучению, является низкой проводящей возможностью, возможно обусловлена абсорбцией падающей радиации эпидермальными клетками, морфологическим строением растений, что защищает восприимчивые клетки, механизмами фоторепарации. Важную значимость в защите растений от ультрафиолета представляет аккумуляция в вакуоле клетки флавоноидов, абсорбирующих существенную часть ультрафиолетовой радиации.

### **2.2.2. Воздействие ультрафиолета на организменном уровне**

Существенную роль для растений обладает область физиологической радиации, оказывающей значительное воздействие на процессы фотосинтеза, развития и роста. С прибывающей к растениям физиологической радиации ими поглощается примерно 80%, отражается 10 и пропускается 10%. Для фотосинтеза и в других физиологических процессах растения применяют до 6% поглощенной УФ-излучением, остальное число идет на теплопередачу и транспирацию. Спектральный состав света воздействует на характер развития и роста растений. Пигменты растений поглощают облучение в спектре 320–760 нм. Основные максимумы поглощения пребывают в красной и синефиолетовой, а минимум в желто-зеленой области диапазона. Ультрафиолетовые лучи в наибольшей степени поглощаются белковыми молекулами, что способно послужить причиной к их значительным повреждениям. Еще двумя значительными хромофорами, поглощающими ультрафиолетовые лучи, считаются эндогенные фитогормоны [52]. Вследствие им ультрафиолетовые лучи оказывают большое влияние на процессы развития и роста – прослежива-

ется непропорциональный рост органов, несоблюдение соответствия в росте побега и корня, формирование растений с компактным (альпийским) габитусом. Часть синего и ультрафиолетового излучения с длиной волны не более 510 нм поглощается малоизученным пигментом криптохромом. Синий свет поглощается хлорофиллом и каротиноидами, красный – хлорофиллом, красный и дальний красный – фитохромом. Облучение с наибольшей длиной волны поглощается всей поверхностью растения, а не специальными пигментами, вследствие чего увеличивается его температура. Это возможно наблюдать в посевах: верхние ярусы листьев улавливают и отражают в большей степени свет видимой коротковолновой части спектра; длинноволновое излучение в основном проникает к нижним листьям, что на фоне угнетенной фотосинтетической деятельности существенно активизирует их дыхание. Стебли под воздействием данного излучения вытягиваются, вследствие удлинения междоузлий формируется рыхлая ткань с крупными клетками, свободно повреждающаяся при ультрафиолетовом излучении, что зачастую совершается при посадке выращенной с загущением и переросшей рассады [55].

### **2.2.3. Воздействие ультрафиолета на популяционном уровне**

С увеличением интенсивности ультрафиолетового излучения и его воздействия на процессы, происходящие в биосфере, появляется потребность оценки цитофизиологических изменений в растениях, что индуцируются данным фактором [8]. Влияние ультрафиолетового излучения на растения в диапазоне 275–315 нм включает все уровни биоорганизации, в том числе энергетическую, сигнальную и регуляторную функции. Ультрафиолет трансформирует влияние иных факторов экологии, действуя зачастую аддитивно. Восприимчивость высших растений к солнечной ультрафиолетовой радиации значительно находится в зависимости от экотипа и генотипа, этапа онтогенеза. Таким образом, из 300 исследуемых генотипов растений примерно 66% являются чувствительными, 26% – среднечувствительными и только 8% – нечувствительными к ультрафиолетовому излучению. Устойчивость к

воздействию ультрафиолетовому излучения в засушливых условиях произрастания способен подвергаться воздействию отбора и прогрессировать в уже дующих поколениях растений. У видов, произрастающих в условиях высокого фона УФ-излучения – тропических широтах и альпийском поясе с повышением уровня ультрафиолета увеличивается и толерантность к его влиянию. Одно из наиболее весомых последствий повышения уровня УФ-облучения – это повреждение репродуктивной функции растений. Генеративные ткани репродуктивных органов – археспориальная и спорогенная ткани пыльников и семязачек, мужской и женский гаметофит надежно защищены покровами с ультрафиолетом поглощающими свойствами, в частности, околоцветником, тканями пыльника и пестика. По некоторым данным, стенка пыльника поглощает до 98% ультрафиолетового излучения. Вместе с тем известно, что дополнительное облучение УФ может угнетать рост и развитие растений, оказывать генотоксические эффекты на меристему, воздействовать на опыление, уменьшать число производимой пыльцы и семенную продуктивность растений [32].

Непродолжительное облучение сопровождается рядом восстановительных процессов, по этой причине кривые зависимости процента митоза от дозы времени и облучения, уже после его влияния содержит нелинейный характер. Таким образом, в зависимости от дозы облучения, каждая клетка, имеет возможность ликвидировать нанесенное ей повреждение УФ-радиацией и вновь привести в действие не простой механизм деления. В особенности это выражается в реакциях возобновления при изменении силы облучения, если растяжения периода облучения содействует процессу репликации [30].

Более восприимчивы клетки к УФ-радиации в промежуток подготовки к делению и в начальной фазе деления. В случае если формирование митотического аппарата закончилось, в таком случае процесс деления клетки завершается естественно (при относительно маленьких дозах) и клетка восприимчива к повторному делению.

Все подобные процессы усложняются с наличием кислорода, особенно атомарного кислорода. Под воздействием УФ-лучей биосреда ионизируется, появляются свободные радикалы, прослеживаются разнообразные патологические изменения в белковых структурах мембран. Известно, что более восприимчивым объектом к ультрафиолету считается ядро клетки [46].

Ведущая роль в эффектах воздействия УФ-радиации на популяцию предотвращается нарушению процессов окислительного обмена в цитоплазме, если образуются вещества, проходящие в ядра клеток и тормозящие синтез ДНК. Определенно кроме того, что в митохондриях весьма восприимчивы к облучению рибонуклеопротеиды. Реакция одноклеточных организмов и органелл клеток не считается конечным звеном в общей реакции целостного организма на жесткое у облучение. В заключительном случае разброс в мощности и дозах облучения способен являться до такой степени огромен, что сложно поддается воображению. Возможно повысить данный тезис принятием о том, что распоряжающиеся влияние на молекулярно-клеточном уровне у отдельного организма имеют все шансы не приводить к конкретным, проявленным по внешнему эффекту. Так как биологические объекты в собственном формировании непосредственно объединены с информационными процессами, то имеет место не только мощность и доза влияния, однако готовность биосистемы к восприятию управляющего сигнала.

### ГЛАВА 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования: огурец (*Cucumis*) сорт Степной.

#### *Характеристика изучаемого объекта*

Огурец «Степной». Растение среднерослое, сильноветвистое, индетерминантное, цветение в большей степени женского типа. По срокам созревания раннеспелый, число дней от полных всходов до начала созревания 37–45, период плодоношения длится 48–55 дней [6]. Универсальный, пчелоопыляемый, сорт. Завязь закладывается в пазухе каждого листа, начиная с первого, как на главной, так и на плетнях первого порядка. Плеть стелющаяся, средней длины (123–158 см). Лист прямоугольный, темно-зеленый, среднего размера. Плод - зеленец цилиндрический, короткий, крупнобугорчатый, зеленый с длинными полосами и средневыраженной пятнистостью, опушение белое. Длина зеленца 9,0–15,5 см, диаметр 3,2–3,4, плодоножка короткая 0,8–1,4 см. Средняя масса товарного плода 103–112 грамм, в общем урожае их 97–99%. Поперечный разрез плода округло-трехгранный. Плоды очень сочные, нежные, с сильным ароматом [35]. Урожайность 6,33–6,90 кг/м<sup>2</sup> (урожай стандартного сорта составляет 3,15 кг/м<sup>2</sup>). Сорт сравнительно устойчив к ложной мучнистой росе. Различается сравнительной стабильности к засухе, на производственные цели возможны посевы без орошения. Рекомендуется для выращивания в открытом грунте. Посев на рассаду в начале мая. Высадка в грунт в конце мая – начале июня в фазе 3–4 настоящих листьев. Посев непосредственно в грунт – в конце мая [48, 63].

Семена исследуемых растений перед посевом обрабатывались ультрафиолетом различной экспозиции по времени согласно схеме опыта

Схема опыта:

- 1 вариант – контроль, без облучения;
- 2 вариант – десятиминутное облучение;
- 3 вариант – двадцатиминутное облучение;
- 4 вариант – тридцатиминутное облучение.

В качестве источника УФ-лучей использовали лампу UV Lamp 36, с изучением в области длины волн 253,7 мкм. После облучения семена замачивали. Огуречное семя раскладывают на влажную марлевую основу и накрывают их вторым слоем марли. Семена заливают водой 31–36 градусов. Пропорция жидкости и огуречных семян составляет 50%. Чашку Петри с замоченными семенами оставляют в темном месте при температуре пределах 25–30 градусов. Обработка семян осуществляется за неделю до посева.

Опыты проводили на выровненном, тщательно обработанном и равномерно удобренном участке, почва которого была перемешана и разделена бороздками для полива.

Для наблюдения за ростовыми процессами отбирали по 8 семян растений с каждого варианта, опыт проводили в четырехкратной повторности. Фенологические наблюдения проводились еженедельно. У растений в течение всего периода вегетации определяли следующие параметры: длину плети, размер и количество листьев, плодов, усиков, андроцеов и гинецеов. Длину плети, размер листьев определялась линейным методом. Количественным методом (то есть, простым подсчетом) определяли количество листьев, мужских и женских цветков, усиков, плодов. Урожай после оплодотворения взвешивали, определяли длину и диаметр плода. В конце вегетации проводили структурный анализ, определяли вес и площадь листа.

Для нахождения содержания сухого вещества из растительной массы берут 2–3 порции материала, помещают в бюксы, взвешивают и высушивают в термостате при 105 °С до постоянной массы. Затем рассчитывают содержание сухого вещества и устанавливают массу абсолютно сухих частей [3, 54].

Метод отпечатков. Лист растения накладывают на однородную бумажную кальку и обводят контур остро отточенным карандашом, определяют площадь листа. Бумажная калька по толщине равномерная, поэтому используем весовой метод. Для чего вырезают ее по контуру листовой пластинки и взвешивают на торсионных весах. Одновременно их такой же бумаги вырезают квадрат, площадью 100 см<sup>2</sup> (10×10 см), и также определяют его массу [54].

Предмет, приготовленный к взвешиванию, необходимо схватить щипцами и осторожно положить на чашку, или подвесить на крючке. После этого закрыть ограждение. Левую головку вращают левой рукой влево (от себя) до тех пор, пока подвижная стрелка не достигнет красной черты равновесия. Вращение головки вызывает вращение подвижной шкалы. Массу, взвешиваемого предмета, отсчитывают на подвижной шкале в том месте, в котором указывает неподвижная стрелка. После подсчета результата следует шкалу установить при помощи головки в исходное положение (нулевое), вращая этой головкой вправо (к себе). После окончания измерения, следует осторожно снять взвешенный предмет и закрыть ограждение [54].

После взвешивания определяем площадь листа, по формуле:

$$S_{\text{л}} = S_{\text{кв}} * M_{\text{л}} / M_{\text{кв}},$$

где:  $S_{\text{л}}$  – площадь листа;  $S_{\text{кв}}$  – площадь квадрата;  $M_{\text{л}}$  – масса листа;  $M_{\text{кв}}$  – масса квадрата.

#### **ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙ ОГУРЦОВ**

Важнейшую роль в жизнедеятельности растений играет свет. Он является не только источником запасаемой в процессе фотосинтеза энергии, но и выступает как регулятор всех сторон их жизнедеятельности, в том числе процессов роста и развития. Процессы, регулируемые светом не требуют больших затрат энергии, но очень чувствительны к спектральному составу света.

Измерение процессов роста длины плети начали с 18 июля. Изменение динамики роста длины плети показано на рисунке 2. Как следует из рисунка, разница по длине надземных частей между вариантами наблюдалась уже в начале вегетации. Резкий подъем кривой роста наблюдался в начальные периоды вегетации, т. е. с 9 августа, в течение которых происходило заметное расхождение в длине плети растений между вариантами опыта. Эта разница прослеживалась до конца вегетации.

Предпосевная обработка семян УФ-лучами в течение 10 минут приводила к увеличению длины плети растений по сравнению с контролем. УФ-облучение в течение 30 минут также стимулировало рост плети растений, однако значительно меньше, чем в течении 10 минут. Но УФ-облучение в течение 20 минут была угнетающей. Длина плети контроля значительно меньше по сравнению с другими вариантами опыта.

Количество листьев до середины вегетации было практически одинаковым (рис. 3). Предпосевная обработка семян в течение 20 мин приводила к увеличению количества листьев растений по сравнению с контролем. В конце вегетации количество листьев сильно различались. До середины вегетации общая ассимиляционная поверхность листа у всех вариантах опыта была одинаковая. Наибольшая у варианта опыта 2, то есть облучение в течение 10 минут, наименьшая у контроля (рис. 4).







Предпосевная обработка семян УФ–лучами в течение 10 минут привела к увеличению количества усиков растений по сравнению с контролем, аналогичная ситуация с площадью и весом листа.

УФ–облучение в течение 20 и 30 минут также стимулировало рост усиков растений, однако значительно меньше, чем в течение 10 минут. Количество усиков контроля значительно меньше по сравнению с другими вариантами опыта (рис. 5)

Опыт проводился с 18 июня. Первые женские цветки появились через месяц (то есть 16 августа), а мужские на неделю позже женских (23 августа). В контрольном варианте соотношение женских и мужских цветков равно 1:1. При увеличении доз ультрафиолетовой радиации приводит к увеличению женских цветков. Положительный эффект в сторону женских цветков оказало тридцатиминутное ультрафиолетовое облучение, количество цветков увеличилось примерно в 2 раза по сравнению с вариантом облучения в течение 20 минут (рис. 6).

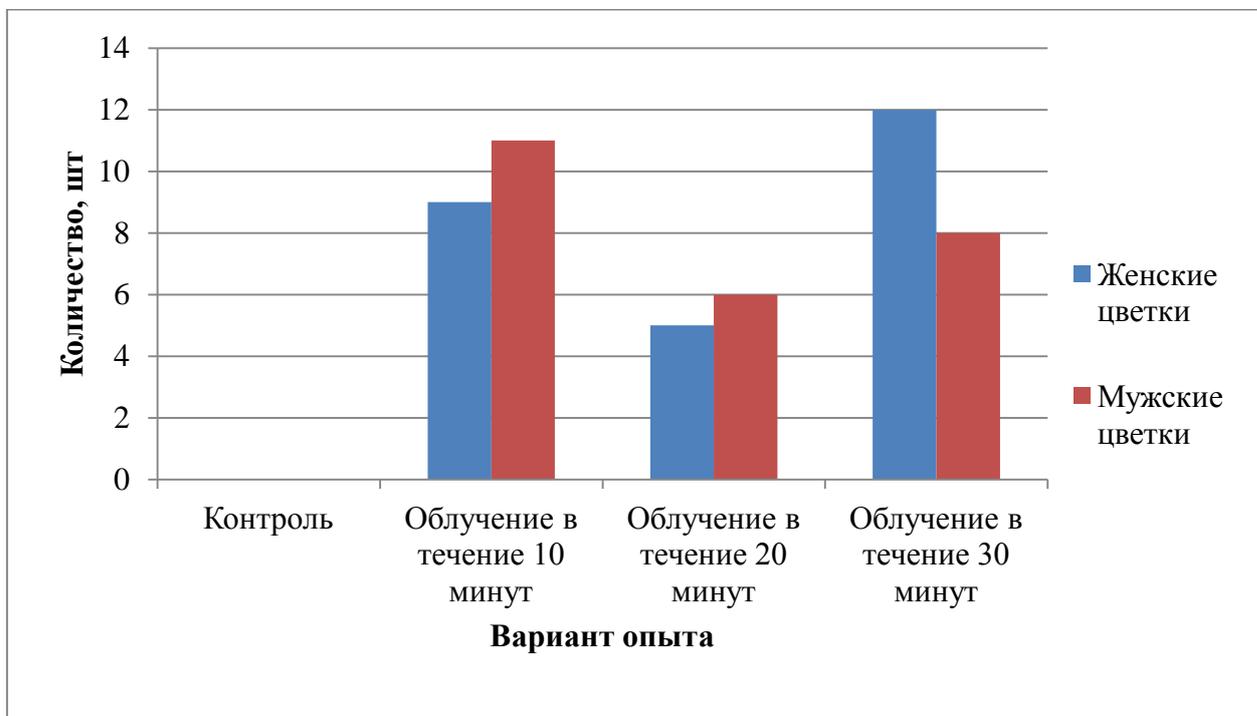


Рис. 6. Влияние различных доз ультрафиолетового излучения на соотношение женских и мужских цветков растения огурец сорта Степной



Наибольшее количество и вес огурцов наблюдается у экспозиции в течение десяти минут (рис. 7), в связи с наибольшей ассимиляционной поверхностью листа, количеством цветков, большой сухой массой листа.

В варианте опыта 1 (контроль) плоды отсутствовали. В варианте опыта с облучением в течение 10 минут масса плода у растения огурец сорта Степной в конце вегетации составила около 170 гр. В опыте с облучением в течение 20 минут около 40 гр., и в течение 30 минут около 90 гр.

Таким образом, наилучшие результаты по исследуемым показателям получены у растений с десятиминутной дозой облучения ультрафиолетовыми лучами, что позволяет высказать предположение о том, что кратковременная обработка семян приводит к ускорению развития растений, полученных из семян, которые прошли кратковременную предпосевную обработку ультрафиолетом, а также усилению процесса фотосинтеза и дыхания. Более длительное облучение (тридцатиминутная экспозиция) несколько угнетает этот сложный процесс.



## **ГЛАВА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ БИОЛОГИИ**

Современное образование ориентировано на развитие личности. Обществу нужен выпускник, самостоятельно мыслящий, умеющий видеть и творчески решать возникающие проблемы. К сожалению, учащиеся не всегда могут ориентироваться в динамично развивающемся информационном пространстве, извлекать необходимые данные и факты, продуктивно использовать их в своей работе [56].

Важными задачами современного образования становятся не только формирование системных знаний, учебных умений и навыков, но и развитие коммуникативных умений и умений осуществлять самоуправление учебно-познавательной деятельностью.

Одной из составных частей профессиональной подготовки учителя-биолога является умение грамотно организовать исследовательскую и проектную работы со школьниками, привлечь их к изучению родного края с целью развития биологического мышления, воспитания осознанного и грамотного отношения ко всему живому. Исследовательская деятельность обеспечивает доступ к различным информационным ресурсам и способствует обогащению содержания обучения, придает ему логический и поисковый характер, а также решает проблемы поиска путей и средств активизации познавательного интереса учащихся, развития их творческих способностей, стимуляции умственной деятельности [56].

Для ученика проект - это возможность максимального раскрытия своего творческого потенциала. Это деятельность, которая позволяет проявить себя индивидуально или в группе, попробовать свои силы, приложить свои знания, принести пользу, показать публично достигнутый результат. Это деятельность, направленная на решение интересной проблемы, сформулированной самими учащимися. Результат этой деятельности - найденный способ решения проблемы - носит практический характер, и значим для самих открывателей. А для учителя учебный проект - это интегративное дидактиче-

ское средство развития, обучения и воспитания, которое позволяет вырабатывать и развивать специфические умения и навыки проектирования: проблематизация, целеполагание, планирование деятельности, рефлексия и самоанализ, презентация и самопрезентация, а также поиск информации, практическое применение академических знаний, самообучение, исследовательская и творческая деятельность.

Проект - работа, направленная на решение конкретной проблемы, на достижение оптимальным способом заранее запланированного результата. Проект может включать элементы докладов, рефератов, исследований и любых других видов самостоятельной творческой работы учащихся, но только как способов достижения результата проекта.

Проектная деятельность на уроках биологии - это одна из ступенек к развитию творческих способностей обучающихся. Получение любого результата образования требует определённых педагогических технологий. Такой базовой образовательной технологией является метод проектов.

Метод проектов - это всегда творческая деятельность. На современном этапе, в условиях модернизации образования и в связи с переходом на новые образовательные стандарты перед школой стоит задача формирования личности, умеющей самостоятельно организовать свою деятельность и свободно ориентироваться в информационном пространстве. Поэтому проектная и исследовательская деятельность занимает важное место в учебном процессе, так как помогает формированию независимой личности, способной самостоятельно мыслить, добывать и применять знания, принимать обдуманые решения, четко планировать действия и предвидеть результат своей деятельности [56].

Проектная деятельность направлена на сотрудничество педагога и учащегося, развитие творческих способностей, является формой оценки в процессе непрерывного образования, дает возможность раннего формирования профессионально-значимых умений учащихся. Проектная технология нацелена на развитие личности школьников, их самостоятельности, творче-

ства. Она позволяет сочетать все режимы работы: индивидуальный, парный, групповой, коллективный [56].

Основная идея обновления среднего общего образования в Российской Федерации заключается в его профилизации. В рамках создания системы специализированной подготовки в средних и старших классах общеобразовательной школы (профильные классы), помимо использования особых форм и методов урочной работы, практикуются различные внеурочные работы.

Внеурочная работа – внеклассная работа составная часть учебно-воспитательного процесса в школе, одна из форм организации свободного времени учащихся.

К одной из основных форм внеурочной деятельности школьников, обучающихся в профильных школах и классах, относят научно-исследовательскую работу. Научно-исследовательская работа адресована учащимся проявляющим интерес к биологии и наиболее актуальна в условиях обучения на естественнонаучном профиле школы повышенного уровня образования. Работа опирается на знания и умения, полученные учащимся при изучении биологии ранее.

Организация данного вида деятельности реализуется в следующей логической последовательности: в начале – вводная теоретическая установка учителя, затем – исследовательская работа учащихся и в заключении предоставление результатов исследовательской работы.

Исследовательская деятельность учащихся среднего и старшего звена в курсе изучения биологии направлена на развитие у учащихся навыков самостоятельной работы, постановки эксперимента, наблюдений, обработки результатов, умения делать выводы, то есть позволяет учащимся овладеть алгоритмом исследовательской работы. Использование проблемного подхода в обучении позволяет не передавать знания учащимся в готовом виде, а научить его получить их в процессе учебной деятельности.

При правильной организации работы, обучающиеся активно включаются в исследовательскую деятельность и поддерживают учителя в этой ра-

боте. Наиболее эффективным способом реализации данной технологии является вариант когда учитель, обсуждая с обучающимися тему и проблематику исследовательской работы на ранних этапах (5–6 класс), учитывает возможность дальнейшего развития и углубления изучаемых вопросов с той целью, чтобы на выходе выпускник мог представить продукт своей деятельности в качестве полноценной всесторонне изученной проблемы. В результате правильно разработанный и оформленный проект может быть представлен к защите на государственной итоговой аттестации.

В рамках данного научного исследования можно организовать научно-исследовательскую работу школьников, в которой продолжится изучение влияние ультрафиолета на различные сорта огурца или других растений.

Проектная деятельность была опробована в МОУ СОШ №131 г. Карталы. Научно-исследовательская работа проводилась в 6 классе, с парным режимом работы.

Тема исследовательской работы: «Влияние различных доз ультрафиолетового излучения на рост растения огурец».

Цель работы: изучить влияние ультрафиолета на предпосевную обработку семян растения огурец.

Задачи:

- провести предпосевную обработку семян ультрафиолетом;
- посеять семена и вести наблюдения;
- проанализировать данные наблюдения и сделать выводы по данной теме.

План работы:

1. Изучить литературные источники по данной теме;
2. Изучить биологические особенности изучаемого объекта;
3. Ознакомиться с методами замачивания и облучения семян, а также сбора данных наблюдений;
4. Анализировать полученные данные в связи с заявленной темой;
5. Сделать выводы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В составе (диапазоне) солнечного света имеются невидимые коротковолновые лучи, называемые ультрафиолетовыми. Относительно не так давно учеными выявлена их значимая роль в жизни растений, в том числе и овощных. Обнаружилось, что не только люди ощущают полезное для здоровья влияние этих лучей в виде загара, но и растения получают выгоды в урожайности и росте.

Ультрафиолетовая радиация по длине волны в целом разделяется на три части. Более коротковолновые лучи даже в маленьких дозах вызывают губительное влияние на растения. От нескольких минут облучения у растений скручиваются листья, отмирают точки роста, разрушаются белки в клетках и наступает гибель растения.

Ультрафиолетовые лучи средней длины, образующие немного более 10% от общего ультрафиолета, способствуют увеличению холодостойкости и закаливанию растений. Благоприятное воздействие данных лучей лучше выражается на растениях, растущих на возвышенностях и в горах. Такие растения лучше приспособлены переносить неблагоприятную погоду и давать урожай в любых условиях.

Длинноволновое ультрафиолетовое излучение лучше всех изучено и наиболее знакомо. Оно образует примерно 20% в общем количестве этих лучей. Подобные лучи свободно проникают через листовую кожицу внутрь листовых клеток и проявляют различное благоприятное влияние в жизненном цикле растений. Ультрафиолетовые длинноволновые лучи задерживают вытягивание черенков листьев, стеблей и побегов растений, тем самым делая их наиболее крепкими и компактными. Они способствуют накоплению в растениях ряда витаминов, в том числе, витамина С; поддерживают в хорошем работоспособном состоянии зеленый пигмент листьев (хлорофилл) и стимулируют интенсивность фотосинтетических процессов.

Мощнейшим стресс-фактором для растений считается ультрафиолетовое излучение. Под влиянием УФ-излучения меняются биохимические и физиологические процессы растительной клетки. Изменения зависят от строения ткани растения, стадии его развития и генотипа. Сказывается на изменениях в растении продолжительность его облучения и длина волны УФ-радиации. Таким образом, под воздействием коротковолнового излучения в растительной клетке поражается ДНК, средневолновое излучение разрушает белки (однако в небольших количествах оно необходимо растениям), длинноволновое излучение вредно для клеток растений только в наибольших дозах.

В большинстве случаев, земная атмосфера удерживает УФ-В и УФ-С, однако в ситуации истончения озонового слоя поверхности земли достигают и эти виды УФ-радиации.

Растения сформировали биохимические защитные механизмы от влияния наибольших доз УФ-радиации: они производят флавоноидные пигменты и прочие фенольные соединения, представляющиеся его протекторами: антоцианы, флавоноиды и другие. Эти вещества накапливаются в эпидермисе клетки и блокируют до 98% УФ-радиации. Ультрафиолет не проникает через оконное стекло, рассеивается тканью, оно не превышает допустимых величин в тени.

При нормальных условиях опыления наличие ультрафиолетового излучения в составе общего света может помочь пыльце лучше прорасти и стимулирует процесс оплодотворения.

У различных сельскохозяйственных культур солнечный ультрафиолет в открытом грунте увеличивает качество продукции, повышая количество сахаров, сухих веществ и уменьшая количество нитратов. Ультрафиолет, действуя как холод, помогает растениям в некоторой мере справляться с лишним перегревом в особенности в жаркую погоду.

В случае если поливную воду облучить светом ультрафиолетовой лампы, в таком случае она станет благоприятствовать ускорению развития, ро-

ста и скороспелости культур. В непосредственном солнечном свете ультрафиолета наиболее

Механизм воздействия УФ-излучения на растения аналогичен с механизмом воздействия видимой части диапазона и различается только тем, что ультрафиолетовые лучи несут растениям значительно высокие энергетические кванты, чем видимый свет. Поглощение ультрафиолетовых лучей растительными клетками связано с электронным возбуждением. Если фотоны поглощаются, совершается переход электрона в состояние с наиболее значительной энергией. Фотон, как и все элементарные частицы, обладает импульсом, он ведет себя как частица, импульс и энергия, которые пропорциональны частоте и волновому числу радиации. Когда атом поглощает фотон, то он повышает свой энергетический запас, и, переходя в возбужденное состояние, переводится тем самым на более высокий энергетический уровень. Вследствии серии фотоимпульсов может увеличиваться энергия запаса белков и нуклеиновых кислот. Следовательно, УФ-излучение способно воздействовать на энергетические реакции – синтез биополимеров, гликолиз, дыхание и другие.

Облучение семян считается фотоэнергетической «зарядкой». В растительных тканях появляются основательные изменения. Они обусловлены передачей энергии фотонов разным биохимическим молекулам в клетках зародышей и так далее. Облученные семена становятся вероятно наиболее богатой энергетической системой. В итоге передачи энергии фотонов веществам зародыша не только повышается его энергетический фонд, однако поглощенная энергия вызывает электронно-возбужденные состояния и производит изменения в сопряженных соединениях – ДНК и белках. Облучение семян ультрафиолетовыми лучами приводит к формированию в них долго живущих свободных радикалов. Наибольшее их количество образуется в зародыше, наименьше в покровных тканях, еще менее в эндосперме. Свободные радикалы и возбужденные состояния приводят к увеличению физиологических процессов в растительных клетках и считаются стабильными, длительно жи-

вущими образованиями. В итоге интенсивного протекания метаболических процессов свободные радикалы сразу же после их появления реализуются в растениях. Впрочем не все свободные радикалы и возбужденные состояния используются на интенсификацию жизнедеятельности растения. Часть запасенной энергии расходуется в виде тепла, часть свободных радикалов рекомбинирует между собой, не вызывая существенного химического воздействия в биополимерах. Запасенная энергия может эффективно расходоваться только после того, как семя начнет прорастать.

Таким образом, оптимальные результаты по исследуемым показателям получены у растений с десятиминутной дозой облучения ультрафиолетовыми лучами, что позволяет высказать предположение о том, что кратковременная обработка семян приводит к ускорению развития растений, полученных из семян, которые прошли кратковременную предпосевную обработку ультрафиолетом, а также усилению процесса фотосинтеза и дыхания. Более длительное облучение (тридцатиминутная экспозиция) несколько угнетает этот сложный процесс.

Следовательно, из анализа экспериментальных данных следует, что предпосевная обработка семян ультрафиолетовым облучением в течении разной экспозиции времени приводит к изменению динамики роста осевых органов, и корнеплодов. Резкий подъем роста наблюдался в начальные периоды вегетации, в течении которых происходило заметное расхождение в росте осевых органов растений между вариантами опыта. Предпосевная обработка семян УФ-облучением привела к изменению всех ростовых параметров растений.

## **ВЫВОДЫ**

1. Предпосевная обработка ультрафиолетом при десятиминутном облучении оказало стимулирующее влияние на ростовые процессы растения сорта Степной;
2. Максимальный эффект при биологически хозяйственном урожае был достигнут в десятиминутном облучении;
3. Обработка семян огурца сорта Степной ультрафиолетом активизирует ростовые процессы, что сокращает их вегетационный период и позволяет получить урожай при более поздних сроках посевах.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Акназаров О.А. Действие ультрафиолетовой радиации на рост, морфогенез и уровень гормонов высокогорных растений. – автореф. докт. дисс./ О.А. Акназаров. – Душамбе. – 1991. – 47 с
2. Акназаров О.А./ Спектральный состав света как фактор изменения физиологического состояния и продуктивности растений. /О.А. Акназаров, М. Содаткадамов..// Отд. биол. и мед. наук. – М.: Изв.АН Тадж ССР – 1988, № 3 (112) – С. 50–53.
3. Баславская С.С. Практикум по физиологии растений [Текст] / С.С. Баславская, О.М. Трубецкова. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 328 с.
4. Бейкер А. Фотоэлектронная спектроскопия [Текст] / А. Бейкер, Д. Беттеридж. – М.: Наука, 1985. – 97 с.
5. Беликова В.К. Гигиеническая оценка зонирования территории СССР по УФ обеспеченности [Текст]: в 3 т. Т. 3. Биологическое действие ультрафиолетового излучения / В.К. Беликова, А.П. Забалуева, Э.Л. Гальперин– М.: Наука, 1975–1982
6. Брызгалов В.А. Справочник по овощеводству / В.А. Брызгалов. – Л.: Колос, 1972. – С. 195
7. Ващенко С.Ф. Особенности роста, развития и органобразования у огурцов Неросимых в зависимости от условий внешней среды [Текст] / С.Ф. Ващенко – Тр. НИИ овощного хозяйства, 1959, №1 – С. 70–87
8. Веселовский В.А. Стресс растений. Биофизический подход. / В.Т. Веселова, Д.С. Чернавский. // Физиология растений. – 1993. – Т. 40, № 4. – С. 260–304
9. Владимиров Ю.А. О механизме действия ультрафиолетовой радиации на белки. Биофизика [Текст] – Ю.А. Владимиров, Д.И. Рощупкин, Е.Е. Фесенико. – М.:Изд. БГУ им. В.И. Ленина, 1970. – С. 254
10. Владимирова З.Л. Влияние термической обработки семян на плодоношение огурцов // Рефераты докл. ТСХА.– М.: ТСХА, 1952. – С. 272–276 .

11. Воскресенская Н.П. Фоторегуляторные реакции и активность фотосинтетического аппарата / Н.П. Воскресенская // Физиология растений. – 1987. – Т. 34, №.4. – С. 669–683.
12. Воскресенская Н.П. Фотосинтез и спектральный состав света / Н.П. Воскресенская – М.: Наука, 1965. – С. 308
13. Галанин Н.Ф. Лучистая энергия и ее гигиеническое значение [Текст] / Н.Ф. Галанин. – М.: Изд. Знание, 1991. – С. 250
14. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухостойчивости растений / П.А. Генкель. – М.: Изд. Наука, 1982. – С. 280
15. Гиллер Ю.Е. Физиолого-биохимические особенности роста и продуктивность растений овощных культур при выращивании под светокорректирующими пленками. / Ю.Е. Гиллер. //Изв. АН РТ. Отд. биол и мед.наук. – 1994, № 1 (33). – С. 5–15.
16. Данильченко О.А. Значение ультрафиолетового излучения в жизнедеятельности растений / Д. М. Гродзинский, В. Н. Власов. // Физиология и биохимия культурных растений. – 2002. – Т. 34, № 3. – С. 187–197.
17. Дубров А.П. Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения / А.П. Дубров. – М.: Изд. Наука, 1968. – С. 250
18. Дубров А.П. Действие ультрафиолетовой радиации на растения / А.П. Дубров. – М.: Изд. Академии наук СССР. – 1963. – 115 с .
19. Загоскина Н.В. Влияние ультрафиолетовой радиации (УФ-Б) на образование и локализацию фенольных соединений в каллусных культурах чайного растения [Текст] / Н.В. Загостина, Г.А. Дубравина, А.К. Алявина, Е.А. Гончарук // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 2. – С. 302–308
20. Злобин Ю. Влияние УФ радиации на конкуренцию растений в наземных экосистемах [Текст] / Ю. Злобин – М.: Изд. Наука, 1983. – С. 312
21. Канаш Е.В. Изменение продуктивности и содержание пигментов у растений фасоли при ультрафиолетовом стрессе [Текст] / Е.В. Канаш // Фотосинтез и продуктивность растений / ВАСХНИЛ. – Саратов, 1990. – С. 86–89

22. Кефели В.И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны [Текст] / В.И. Кефели – М.: Изд. Колос, 1973. – С. 120
23. Кефели В.И. Рост растений [Текст] / В.И. Кефели. – М.: Изд. Наука, 1974. – С. 253
24. Кефели В.И. Физиология растений с основами микробиологии / В.И. Кефели, О.Д. Сидоренко. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 334
25. Карначук Р.А. Регуляторная роль света разного спектрального состава в процессах роста и фотосинтетической активности листа растений / Р.А. Карначук. – автореф. дисс. д-ра биол. наук. – М.: ТСХА. – 1989. – 42 с.
26. Ковалева О.А. Влияние ультрафиолетовой радиации на фотодинамические характеристики переменной флуоресценции и содержание флавоноидов в листьях картофеля в условиях закрытого биотехнологического комплекса [Текст] / О.А. Ковалева // Актуальные проблемы геоботаники. Часть 1. – 2007. – С. 252–255
27. Колесников С.И. Экология / С.И. Колесников // Учебное пособие. – М.: Издательско-торговая корпорация Дашков и К; Ростов: Наука-Пресс, 2007. – С. 384
28. Кравец Е.А. Влияние УФ-Б облучения на репродуктивную функцию растений *Hordeum vulgare* L. / Е.А. Кравец, Д.М. Гродзинский, Н.И. Гуца // Цитология и генетика. – Украина: Изд. Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН, 2008. – Т. 42, № 5. – С. 9–16
29. Красновский А.А. Фоторецепторы растительной клетки и пути светового регулирования./ А.А. Красновский // Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. – М.: Наука. – 1975. – С. 5–15.
30. Куперман Ф.М. Биология развития культурных растений [Текст] / Ф.М. Куперман – М.: Высшая школа, 1982. – С. 343
31. Кузнецов В. В. Физиология растений / Г. А. Дмитриева. – М.: Высш. шк.. – 2005.

32. Ладыгин В.Г. Влияние состава каратиноидов на устойчивость клеток водорослей к действию УФ-облучения [Текст] / В.Г. Ладыгин, Г.Н. Ширшикова // Физиология растений. – 1993. – Т. 40, № 4. – С. 644–649
33. Лапшин П.В. Морфологические характеристики каллусных культур пшеницы, устойчивых к действию УФ-Б радиации [Текст] / П.В. Лапшин, Н.В. Трошенкова, Г.А. Дубравина, Н.В. Загоскина, Р.Г. Бутенко // Труды кафедры с/х биотехнологии МСХА. – Москва, 2001. – С. 177–182
34. Лаханова К.М. Действие различных доз рентгеновских и гамма-лучей на солодку уральскую / К.М. Лаханова, М.У. Сарсембаева // Успехи современного естествознания. – Пенза: Изд. дом Академия Естествознания, 5. – № 8. – С. 199–122
35. Лебедева А.Т. Огурец / А.Т. Лебедева. – Росагропромиздат, 1988. – С. 168
36. Львова И.Н. Биологический контроль за развитием и ростом растений дыни. Биологический контроль в сельском хозяйстве [Текст] / И.Н. Львова, С.Г. Баханова. – М.: Изд. МГУ, 1962. – С. 39
37. Львова И.Н. Влияние на органогенез огурца термических способов предпосевной обработки семян [Текст] / И.Н. Львова, Т.К. Пыхтина, И.В. Глащенко // Экспериментальный морфогенез. – м.: Изд. МГУ, 1963. – Часть 1. – С. 215–230
38. Львова И.Н. Особенности роста и развития растений огурца в зависимости от предпосевной обработки семян [Текст] / И.Н. Львова, И.В. Глащенко, Т.К. Пыхтина // Морфогенез растений. – М.: Изд. МГУ, 1961. – 21–26
39. Махаббат Н.Г. Синергетические факторы влияющие на стимуляцию роста и функциональную активность клеток *Dunaliella* при действии хронически малых доз УФ-радиации [Текст] / Н.Г. Махаббат, М.А. Ровшан // Проблемы и тенденции развития современного общества: I X-ая международ. науч.-практ. конф. 14–19 сент., 2011 г. / Межд. Академ. Наук высш. Образов. – Киев, 2011. – С. 49–51
40. Медведев С.С. Физиология растений./ С. С. Медведев. – СПб.: БВХ – Петербург. – 2013.

41. Мейер А. Ультрафиолетовое излучение./ А. Мейер, Э. Зейтц. – М.: Наука. – 1982.
42. Насыров Ю.С. Действие ультрафиолетовой радиации на фотосинтетические и ферментативные реакции фотосинтеза / Ю.С. Насыров, З. Н. Абдурахманова, А. Э. Эргашев.// Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: 1972
43. Никел Л. Дж. Регуляторы роста растений / Л. Дж. Никел // Применение в сельском хозяйстве. – М.: 1984. – С. 192
44. Одилбеков К. Фоторегуляция роста и развития растений салата и горчицы в условиях высокогорий Памира./ К. Одилбеков. – автореф. канд. дисс. – Душанбе. – 1989. – Т. 50, № 2 – 18 с.
45. Полевой В. В. Физиология растений / В. В. Полевой // Учебник для биологических специальностей ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
46. Самойлова К.А. Действие ультрафиолетовой радиации на клетку [Текст] / К.А. Самойлова. Л.: ЛГУ, 1967. – С. 157
47. Самойлова К.А. Клеточные и молекулярные механизмы биологических эффектов УФ-излучения / К.А. Самойлова. – Киев: Наук, думка, 1982. – С. 246
48. Сирипля А.Г. Огурцы / А.Г. Сирипля, Н.М. Глунцов. – Алма-Ата: Кайнар, 1974. – С. 168
49. Смит К. Молекулярная фотобиология / К. Смит, Ф. Хэнеуолт. – пер. с англ.– М.: Просвещение. – 1992.
50. Соловченко А.Е. Экранирование видимого и УФ излучения как механизм фотозащиты у растений [Текст] / А.Е. Соколовченко, М.Н. Мерзляк // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – С. 803–822
51. Стржижовский А.Д. Влияние ультрафиолетовой радиации повышенной интенсивности на растения: вероятные последствия разрушения стратосферного озона / А.Д. Стржижовский // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – 6, № 39. – С. 683–69
52. Тертышная Ю.В. Воздействие ультрафиолетового излучения на всхожесть и ростовые процессы семян пшеницы / Ю.В. Тертышная, Н.С. Леви-

- на, О.В. Елизарова // Сельскохозяйственные машины и технологии. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2017. – № 2. – С. 31–36
53. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая [Текст] / Х.Г. Тооминг. – Л.: 1977. – С. 201
54. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений [Текст] / Н.Н. Третьяков, Т.Б. Карнаухова, Л.А. Паничкин. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 271
55. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др.; под ред. Н.Н. Третьякова. – 2-е изд. – М.: Колос, 2005. – С. 665
56. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ
57. Худжаназарова Г.С. Влияние УФ-радиации на анатомическое строение листьев растений моркови [Текст] / Г.С. Худжаназарова, О.А. Акназаров // Тез. докл. 4 съезда ОФРР. – Москва, 2001. – Т. 2. – С. 489
58. Чернова Н.М. Общая экология / Н. М. Чернова, А.М. Былова. – М.: Дрофа. – 2004.
59. Чубарова Н.Е. Ультрафиолетовая радиация у земной поверхности [Текст] / Н.Е. Чубасова. – М.: МГУ, 2007. – С. 375
60. Шевелухи В.С. Регуляторы роста растений / В.С. Шевелухи. – М.: 1990. – С. 185
61. Шомансуров С. Экологические условия Памира и жизнедеятельность растений / С. Шомансуров, О. А. Акназаров. – Душанбе. – 2005. – С. 168
62. Шульгин И.А. О роли ультрафиолетовой радиации высокогорных районов в строении побега и продуктивности пшеницы / И.А. Шульгин, Р.Г. Забирова, И.П. Щербина, Д.Т. Толибеков // Биологические науки. – Москва, 1975. – № 7. – С. 107–118
63. Юрина О.В. Огурцы / О.В. Юрина. – М.: Московский рабочий, 1985. – С. 144

64. Якушкина Н.И. Физиология растений [Текст] / Н.И. Якушкина // Учебное пособие для студентов биол. спец. высших педагогических учебных заведений. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 1993. – С. 335
65. Caldwell M.M. - Plant physiol. New.Ser., 1981 B, H , № 4 12 A, p. 169-197.
66. Hunt R. W. C. The Reproduction of Colour. – 6th edition. – John Wiley & Sons, 2004. – P. 4–5. – p. 724
67. Tevini M., Iwanzik W., Thoma U. – Planta, 198, 153, pp.338-394.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**



20 минут (8)									
Облучение в течение 30 минут (1)	1,5	3	5,5	15,5	40	70	90	101	112
Облучение в течение 30 минут (2)	1,8	5	8,5	14,5	28	35	45	56	69
Облучение в течение 30 минут (3)	2,2	5	7	15	40	70	102	118	129
Облучение в течение 30 минут (4)	0	2	2,5	4,5	8	12	19,5	21	22
Облучение в течение 30 минут (5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Облучение в течение 30 минут (6)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Облучение в течение 30 минут (7)	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Облучение в течение 30 минут (8)	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0





**Влияние различных доз ультрафиолета на вес сухой массы листа растения огурец сорта Степной**

Вариант опыта	июль		август					сентябрь	
	18	26	1	9	16	23	30	7	17
Контроль (1)	0	11	18	76	153	254	224	347	354
Контроль (2)	0	12	20	75	152	258	220	342	350
Контроль (3)	0	10	16	71	159	221	178	366	371
Контроль (4)	0	13	21	82	167	277	279	348	355
Контроль (5)	0	11	19	67	155	255	201	398	403
Контроль (6)	0	11	23	79	136	299	220	377	391
Контроль (7)	0	14	21	77	177	211	133	366	379
Контроль (8)	0	9	11	87	180	247	244	401	404
Облучение в течение 10 минут (1)	0	24	69	122	210	401	543	599	611
Облучение в течение 10 минут (2)	0	90	230	295	240	395	408	763	560
Облучение в течение 10 минут (3)	0	70	250	195	345	460	587	600	550
Облучение в течение 10 минут (4)	0	12	32	95	248	350	272	660	700
Облучение в течение 10 минут (5)	0	5	20	70	215	435	564	810	735
Облучение в течение 10 минут (6)	0	28	211	173	225	370	566	655	723
Облучение в течение 10 минут (7)	0	10	55	145	75	665	834	759	650
Облучение в течение 10 минут (8)	0	16	34	136	239	428	599	637	681
Облучение в течение 20 минут (1)	0	13	68	144	230	447	501	535	603
Облучение в течение 20 минут (2)	0	10	72	160	240	392	430	520	550
Облучение в течение 20 минут (3)	0	25	52	116	186	433	542	606	633
Облучение в течение 20 минут (4)	0	30	72	110	165	445	640	658	580
Облучение в течение 20 минут (5)	0	43	89	210	220	550	557	590	635
Облучение в течение 20 минут (6)	0	10	10	13	8	0	0	0	0
Облучение в течение 20 минут (7)	0	19	40	130	175	304	430	572	684
Облучение в течение 20 минут (8)	0	29	63	141	186	433	539	619	678

20 минут (8)									
Облучение в течение 30 минут (1)	0	50	125	150	103	535	578	710	665
Облучение в течение 30 минут (2)	0	40	135	235	335	510	503	680	555
Облучение в течение 30 минут (3)	0	60	185	194	197	518	632	695	167
Облучение в течение 30 минут (4)	0	10	20	55	130	425	340	376	380
Облучение в течение 30 минут (5)	0	55	140	219	330	544	571	689	657
Облучение в течение 30 минут (6)	0	49	129	161	301	529	566	673	558
Облучение в течение 30 минут (7)	0	43	112	148	122	508	549	649	590
Облучение в течение 30 минут (8)	0	59	133	176	201	519	522	637	572

**Влияние различных доз ультрафиолета на площади листа растения огурец сорта Степной**

Вариант опыта	июль		август					сентябрь	
	18	26	1	9	16	23	30	7	17
Контроль (1)	0	2	4	19	38	64	56	87	89
Контроль (2)	0	3	5	18	38	65	55	86	88
Контроль (3)	0	2	4	17	40	55	45	92	93
Контроль (4)	0	3	5	20	42	70	70	88	89
Контроль (5)	0	2	4	16	39	64	50	100	102
Контроль (6)	0	2	5	20	34	75	55	95	98
Контроль (7)	0	3	5	19	44	53	33	92	95
Контроль (8)	0	2	2	22	45	62	61	101	102
Облучение в течение 10 минут (1)	0	6	17	30	53	101	137	151	154
Облучение в течение 10 минут (2)	0	28	58	74	60	100	103	193	141
Облучение в течение 10 минут (3)	0	17	63	43	87	116	148	151	139
Облучение в течение 10 минут (4)	0	3	8	24	62	88	68	167	177
Облучение в течение 10 минут (5)	0	1	5	17	54	110	142	205	186
Облучение в течение 10 минут (6)	0	7	53	43	56	93	143	165	183
Облучение в течение 10 минут (7)	0	2	13	36	18	168	211	192	164
Облучение в течение 10 минут (8)	0	4	8	34	60	108	151	161	172
Облучение в течение 20 минут (1)	0	3	17	36	58	113	126	135	152
Облучение в течение 20 минут (2)	0	2	19	40	60	99	108	131	139
Облучение в течение 20 минут (3)	0	6	13	42	47	109	137	153	160
Облучение в течение 20 минут (4)	0	7	19	27	41	112	162	166	146
Облучение в течение 20 минут (5)	0	10	22	53	55	139	141	149	160
Облучение в течение 20 минут (6)	0	2	2	3	2	0	0	0	0
Облучение в течение 20 минут (7)	0	4	10	32	44	76	108	144	173
Облучение в течение 20 минут (8)	0	7	15	35	47	109	136	156	171

20 минут (8)									
Облучение в течение 30 минут (1)	0	12	31	37	26	135	146	179	168
Облучение в течение 30 минут (2)	0	10	31	59	84	129	127	172	140
Облучение в течение 30 минут (3)	0	15	46	49	49	131	160	175	167
Облучение в течение 30 минут (4)	0	2	5	13	32	107	86	95	96
Облучение в течение 30 минут (5)	0	13	35	55	83	137	144	174	166
Облучение в течение 30 минут (6)	0	12	32	40	76	133	143	170	141
Облучение в течение 30 минут (7)	0	10	28	37	30	128	138	164	149
Облучение в течение 30 минут (8)	0	14	33	44	50	131	132	161	144





















## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Однофакторный дисперсионный анализ

#### «Влияние различных доз ультрафиолета на длину плети растения огурец сорта Степной»

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	142,5	15,83333	176,875
Облучение в течение 10 минут	9	379	42,11111	1474,174
Облучение в течение 20 минут	9	248,4	27,6	794,0025
Облучение в течение 30 минут	9	359,4	39,93333	1511,923

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	3998,728	3	1332,909	1,347403	0,276452	2,90112
Внутри групп	31655,79	32	989,2434			
Итого	35654,52	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.

### Однофакторный дисперсионный анализ

#### «Влияние различных доз ультрафиолета на количество листьев растения огурец сорта Степной»

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	54	6	11
Облучение в течение 10 минут	9	124	13,77778	150,1944
Облучение в течение 20 минут	9	86	9,555556	54,52778
Облучение в течение 30 минут	9	115	12,77778	112,4444

## Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	333,6389	3	111,213	1,355567	0,273956	2,90112
Внутри групп	2625,333	32	82,04167			
Итого	2958,972	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.

## Однофакторный дисперсионный анализ

**«Влияние различных доз ультрафиолета на количество усиков растения  
огурец сорта Степной»**

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	12	1,333333	3,5
Облучение в течение 10 минут	9	77	8,555556	76,52778
Облучение в течение 20 минут	9	45	5	38,25
Облучение в течение 30 минут	9	58	6,444444	56,77778

## Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	249,5556	3	83,18519	1,900772	0,149337	2,90112
Внутри групп	1400,444	32	43,76389			
Итого	1650	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.

### Однофакторный дисперсионный анализ

#### «Влияние различных доз ультрафиолета на количество женских цветков растения огурец сорта Степной»

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	2	0,222222	0,444444
Облучение в течение 10 минут	9	32	3,555556	15,02778
Облучение в течение 20 минут	9	20	2,222222	4,694444
Облучение в течение 30 минут	9	32	3,555556	18,52778

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	67	3	22,333333	2,308686	0,095149	2,90112
Внутри групп	309,5556	32	9,673611			
Итого	376,5556	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.

### Однофакторный дисперсионный анализ

#### «Влияние различных доз ультрафиолета на количество мужских цветков растения огурец сорта Степной»

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	1	0,111111	0,111111
Облучение в течение 10 минут	9	31	3,444444	19,02778
Облучение в течение 20 минут	9	22	2,444444	9,527778
Облучение в течение 30 минут	9	28	3,111111	16,36111

## Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	61	3	20,33333	1,806292	0,165872	2,90112
Внутри групп	360,2222	32	11,25694			
Итого	421,2222	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.

### Однофакторный дисперсионный анализ

#### «Влияние различных доз ультрафиолета на площадь листа растения огурец сорта Степной»

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	335	37,22222	1241,194
Облучение в течение 10 минут	9	713	79,22222	4570,194
Облучение в течение 20 минут	9	651	72,33333	4018
Облучение в течение 30 минут	9	704	78,22222	4002,444

## Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	10712,08	3	3570,694	1,032602	0,391295	2,90112
Внутри групп	110654,7	32	3457,958			
Итого	121366,8	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.

### Однофакторный дисперсионный анализ

#### «Влияние различных доз ультрафиолета на сухую массу листа растения огурец сорта Степной»

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	1470	163,3333	21984,75
Облучение в течение 10 минут	9	2756	306,2222	64762,94
Облучение в течение 20 минут	9	2425	269,4444	52305,28
Облучение в течение 30 минут	9	2689	298,7778	56347,69

Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	117653,6	3	39217,85	0,802819	0,501552	2,90112
Внутри групп	1563205	32	48850,17			
Итого	1680859	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.

### Однофакторный дисперсионный анализ

#### «Влияние различных доз ультрафиолета на общую ассимиляционную поверхность листа растения огурец сорта Степной»

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	2818	313,1111	122708,4
Облучение в течение 10 минут	9	16037	1781,889	5255000
Облучение в течение 20 минут	9	9792	1088	1766209
Облучение в течение 30 минут	9	14033	1559,222	3279766

## Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	11393250	3	3797750	1,457354	0,244635	2,90112
Внутри групп	83389469	32	2605921			
Итого	94782719	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.

### Однофакторный дисперсионный анализ

#### «Влияние различных доз ультрафиолета на вес плодов с куста растения огурец сорта Степной»

Итоги

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Контроль	9	0	0	0
Облучение в течение 10 минут	9	320	35,55556	3736,028
Облучение в течение 20 минут	9	82	9,111111	239,8611
Облучение в течение 30 минут	9	195	21,66667	1311,5

## Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	6449,639	3	2149,88	1,626421	0,202648	2,90112
Внутри групп	42299,11	32	1321,847			
Итого	48748,75	35				

P – значение < 1 - означает, что фактор статистически значим.