

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА» (ФГБОУ ВО РГАУ -  
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА)

*На правах рукописи*

АЛЬ-РУКАБИ МААД НАССАР МОХАММЕД

**ВЛИЯНИЕ СВЕТОВЫХ РЕЖИМОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ  
ТОМАТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКЕ  
"ФИТОПИРАМИДА"**

Специальность: 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и  
лекарственные культуры

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
Леунов Владимир Иванович,  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор

МОСКВА – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	
1.1 Производство гибридов томатов .....	11
1.1.1 Биологические особенности томата .....	11
1.1.2 Требования томата к условиям выращивания.....	13
1.1.3 Выращивание гибридов томатов .....	15
1.2 Распространение беспочвенных технологий .....	17
1.2.1 Система гидропоники .....	17
1.2.2 Вертикальное возделывание растений .....	22
1.2.3 Технология МВТУ Фитопирамида .....	24
1.3 Влияние спектра излучения .....	27
1.3.1 Искусственное освещение растений .....	27
1.3.2 Воздействие светодиодного облучения различного спектрального состава .....	31
Выводы по главе .....	36
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА	
2.1. Место проведения эксперимента. ....	38
2.2. Исходный материал и условия проведения опыта .....	38
2.3 Методы описания, оценки и учета растений (сортоиспытание) .....	45
2.4 Схемы опытов исследований.....	46
2.5 Методика исследования .....	50
2.6 Характеристика исследуемых гибридов.....	53
2.7 Агрометеорологические условия в годы проведения исследований .....	58
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ГИБРИДОВ ТОМАТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТОВАРНЫХ ГРУПП И ГРУПП СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ (МВТУ ФИТОПИРАМИДА) И ВЕСЕННЕЙ ПЛЕНОЧНОЙ ТЕПЛИЦЫ	
3.1 Оценка гибридов томата, выращенных на установке «Фитопирамида».....	60
3.1.1 Посевные качества семян гибридов томатов .....	60
3.1.2 Результаты фенологических и биометрических наблюдений .....	64
3.1.3 Урожайность, товарность, исследуемых томатов .....	73
3.1.4 Качество урожая гибридов томата .....	85
3.2 Сравнение условий гидропоники в теплице «Фитопирамида» и традиционной грунтовой пленочной теплице.....	87
3.2.1 Фенологические наблюдения .....	87
3.2.2 Урожайность, товарность, исследуемых томатов .....	90
3.2.3 Качество урожая гибридов томата .....	98

#### ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЛИЯНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА НА РОСТ РАССАДЫ В УСЛОВИЯХ ФИТОТРОНА (КАМЕРА РОСТА) И СРАВНЕНИЕ МВТУ «ФИТОПИРАМИДА» ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ И ИСКУССТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ

4.1 Влияния спектрального состава на рост рассады в условиях фитотрона (камера роста) .....	105
4.1.1 Биометрические наблюдения .....	105
4.1.2 Биомасса сырая, сухая, содержания хлорофилла листьев .....	115
4.1.3 Оценка функционального состояния (транспирация, фотосинтез, устьичная проводимость, ЧПФ) .....	127
4.2. Сравнение МВТУ «Фитопирамида» при естественном и искусственном освещении .....	134
4.2.1 Фенологические и биометрические наблюдения.....	134
4.2.2 Урожайность и товарность, исследуемых томатов .....	137

#### ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МВТУ «ФИТОПИРАМИДА» ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ И ИСКУССТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ.....

140	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	149
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	152
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	181

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Томат (*Solanum lycopersicum* L.) принадлежит к семейству Пасленовых, которое насчитывает около 2800 видов и является одним из важнейших овощных и экономически важных культур во всем мире (Lahoz et al., 2016). Для обеспечения непрерывного поступления продукции томата на рынок в настоящее время разработаны технологии круглогодичного выращивания томата, в том числе на многоярусной вегетационной трубной установке (МВТУ) «Фитопирамида». Гидропонные системы считаются более экологически безопасными по сравнению с системами выращивания на основе грунтов. Преимущества беспочвенных культур включают: сохранение обрабатываемых земель для основных культур; экономию не менее 90 % воды. Поскольку при гидропонном способе выращивания применяют систему минерального питания, где используются точно рассчитанные, нормированные количества питательных веществ в соответствии с требованиями растений, большинство овощных культур реализуют свой потенциал и дают самую высокую урожайность именно в беспочвенном сельском хозяйстве (El-Kazzaz et al., 2017). Высокие затраты на внедрение и поддержание урожая и спрос рынка на продукцию более высокого качества стимулируют поиск новых альтернатив возделыванию и управлению. На урожайность томатов может непосредственно влиять густота стояния растений. Посадки, размещённые при высокой густоте стояния, достигают более высоких урожаев, чем разреженные [(dos Santos et al., 2013);(Tiago et al., 2014)]. В последние годы происходят революционные изменения в системах искусственного освещения при выращивании растений в защищенном грунте (светокультура), связанные с применением светодиодных излучателей (Прикупец, Боос, 2023). Способность подбирать спектральный состав света к желательным реакциям растений, по-видимому, является одним из преимуществ этих источников света. С другой стороны применение светодиодов требует более тонкой настройки световой среды в соответствии с требованиями культуры/сорта (Yakovtseva et al., 2015). Чтобы полностью использовать потенциал светодиодных технологий и еще больше

стимулировать их внедрение в садоводстве, необходимы тепличные испытания для оценки реакции сельскохозяйственных культур на светодиодное освещение по сравнению с традиционными системами освещения (Fanwoua et al., 2019).

В связи с появлением в производстве овощей в защищенном грунте новой гидропонной системы выращивания, получившей название многоярусной вегетационной трубной установки «Фитопирамида» (МВТУ «Фитопирамида»), возникла потребность в разработке элементов технологии выращивания различных культур на этой установке. Новая гидропонная система приобретает все большую популярность при мелкотоварном производстве овощей, особенно томата, дающего основные объемы потребляемой населением продукции. На сегодня вегетационные трубные установки «Фитопирамида», работающие по приливно-отливной технологии (одноярусные и многоярусные), уже имеют коммерческое значение и успешно эксплуатируются в фермерских теплицах г. Казань (2000 кв. м), в ЮгАгрохолдинге, г. Грозный. Идет строительство теплицы в г. Калининград, оборудованной вегетационными установками «Фитопирамида» (3000 кв. м). Рассматриваются и другие проекты, в том числе и светонепрозрачные помещения, оборудованные ВУ «Фитопирамида» в г. Нижневартовск, г. Петрозаводск, г. Калининград и др. В то же время, в процессе освоения новой системы выращивания возникает ряд проблем, требующих научно обоснованного решения. К числу подобных проблем относится негативное влияние на возделываемую культуру снижения освещенности растений, являющееся особенностью конструкций установки и самозагущения растений. Решение проблемы освещенности растений внутри ценоза и увеличения числа оборотов может находиться в части совершенствования технологии возделывания через применение светокультуры и правильно подобранного сортимента. В связи с этим, изучение различных световых режимов при возделывании гибридов томата разных производственных групп на МВТУ «Фитопирамида» представляется актуальным и своевременным.

**Степень разработанности темы исследований.** Проведенные исследования затрагивают элементы технологии выращивания томата на МВТУ «Фитопирамида», ранее не изученные и не освещенные в литературе, не решенные при освоении новой гидропонной системы. Прежде всего это касается оптимизации технологии возделывания гибридов томата разных групп спелости при использовании дополнительного искусственного освещения. Используя технические возможности и авторские технологии ООО НПФ «Фитопирамида», лаборатории искусственного климата ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, НПЦ «Светокультура» МСК «БЛ групп», методические и практические разработки Лаборатории иммунитета и селекции пасленовых культур ВНИИО - филиал ФГБНУ ФНЦО был проведен большой объем исследований по выбранному направлению, включающий анализ литературных источников, планирование и проведение различных экспериментов, анализ результатов исследований и формулировку обоснованных выводов. Запланированная цель исследований за счет решения поставленных задач выполнена полностью, сделаны выводы, имеющие научную и практическую значимость.

**Цель исследования** - изучение влияния различных световых режимов на растения томата для совершенствования технологии выращивания гибридов томата разных групп спелости и разных товарных групп на многоярусных вегетационных трубных установках «Фитопирамида» (МВТУ «Фитопирамида») для увеличения числа оборотов.

**Задачи исследования:**

1. Выявить влияние технологических особенностей возделывания гибридов томата в теплице с МВТУ «Фитопирамида» и в грунтовой пленочной теплице при одинаковом времени оборота на рост, развитие и продуктивность растений;
2. Установить влияние технологических особенностей на растения гибридов томата различных групп спелости и разных товарных групп;

3. Определить влияние различных спектров искусственного освещения на рассаду томатов в условиях фитотрона;
4. Оценить влияние искусственного освещения на растения гибридов томата для возможного увеличения числа оборотов, в том числе и в светокультуре при выращивании на МВТУ «Фитопирамида»;
5. Рассчитать экономическую эффективность использования искусственного освещения при возделывании гибридов томата на МВТУ «Фитопирамида» в светокультуре.

### **Научная новизна исследования**

Впервые установлено влияние на растения томата искусственного освещения, спектрального состава света и определён оптимальный режим для светокультуры при выращивании на МВТУ «Фитопирамида» гибридов томата разных групп спелости. Дана технологическая оценка МВТУ «Фитопирамида» при естественном и искусственном освещении с использованием бинарного освещения, которое было наиболее результативным, после оценки различных спектров.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Состоит в выделении гибридов томата разных групп спелости для возделывания в условиях МВТУ «Фитопирамида» и обоснование использования искусственного освещения в технологическом процессе светокультуры. Выявлении фенотипических взаимосвязей и оценки функционального состояния томата в условиях интенсивного культивирования при различных световых спектрах для светокультуры. Оценки влияния естественного и искусственного освещения на рост и продуктивность растений, возделываемых на многоярусной приливно-отливной гидропонике.

### **Степень обоснованности использования методов в получении результатов и научных положений диссертации**

Достоверность исследований подтверждается обширными экспериментальными исследованиями, выбором необходимого количества

повторностей и объема выборки при закладке опытов, а также статистической обработкой полученных экспериментальных данных. Для статистической обработки экспериментальных данных применяли дисперсионный анализ.

### **Методология и методы научного исследования**

При планировании исследований использован классический методологический подход в виде анализа литературных данных, разработки научной гипотезы, подтверждения ее правильности проведением экспериментов и получением объективных данных, их статистической обработкой и обобщением результатов в виде научно обоснованных и подтвержденных математически выводов.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Оценка гибридов томатов, различающихся по группам спелости, в условиях многоярусной вегетационной трубной установки «Фитопирамида» (МВТУ «Фитопирамида»);
2. Влияние различных спектральных режимов освещения на рассаду томатов в условиях фитотрона;
3. Эффективность использования различных источников светодиодного освещения на рост и развитие рассады томатов;
4. Оценка влияния искусственного освещения растений при выращивании томата на МВТУ «Фитопирамида»;
5. Усовершенствование технологии выращивания гибридов томата на МВТУ «Фитопирамида» с использованием растений в светокультуре.

### **Апробации результатов**

Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию В.А. Михельсона, (г. Москва, 2020); Всероссийская научная конференция с международным участием, (г. Москва, 2020); Международная научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, посвящённая 155 – летию РГАУ-МСХА имени К.А.

Тимирязева, (г. Москва, 2020); Международная конференция по сельскохозяйственным наукам – виртуальная (1st ICAS-V, 2020), (г. Багдад, Ирак, 2020); Международный научный форум студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновационный вектор развития аграрной науки», (г. Калуга, 2020); Всероссийская научно-практическая конференция «Наука без границ и языковых барьеров», (г. Орёл, 2021); Всероссийская с международным участием научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова, (г. Москва, 2021); Четвертая международная конференция по сельскому хозяйству и устойчивому развитию – виртуальная, (Вавилон, Ирак, 2021); Международная научная конференция «Агробиотехнология-2021», (г. Москва, 2021); Международная научно-исследовательская конференция «Приоритетные направления развития сельского хозяйства, прикладной биотехнологии и промышленного производства» (AgroBioTech 2021), (г. Барнаул, Россия, 2021); VIII Всероссийская молодёжная научно-практическая конференция «Студенчество России: век XXI», (г. Орёл, 2021); Международная научно-практическая конференция «Обеспечение устойчивого развития: сельское хозяйство, экология и науки о Земле» (AEES2021), (г. Душанбе, Республика Таджикистан. 2021); II Международная научно-исследовательская конференция по продовольственной безопасности и сельскому хозяйству (CFSA 2022) (Орел и Новосибирск, Россия 2022); Международная научно-практическая конференция «Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур». (г. Краснодар, Россия 2022); Вторая международная конференция «Цифровизация сельского хозяйства и органическое производство» (ADOP 2022). (г. Санкт-Петербург, 2022); Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова. (г. Москва. 2022); Всероссийская конференция молодых исследователей «АГРАРНАЯ НАУКА–2022». (г. Москва.2022); Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. (г. Москва.2023); 4-я Международная конференция

по современным технологиям в сельскохозяйственных науках, (г. Куфа, Ирак, 2023) и заседаниях кафедры овощеводства.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликованы 28 научных работ, в том числе 5 в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и 5 в цитируемой международной базе Scopus.

### **Личный вклад автора.**

Диссертационная работа является результатом личных научных исследований автора. Вклад автора заключается в формулировании цели и задач исследований, закладке опытов и получении фактических данных, их анализе и обобщении в виде результатов и обоснованных выводов.

### **Структура и объём работы.**

Работа изложена на 194 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 45 таблиц, 33 рисунка, заключения, списка литературы, включающего 250 источниками, в том числе 198 на иностранном языке, и 8 приложений.

### **Благодарность**

Автор выражает благодарность научному руководителю, научному консультанту и руководителю ООО НПФ «Фитопирамида».

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Производство гибридов томатов

#### 1.1.1 Биологические особенности томата

Томат (*Solanum lycopersicum* L.) принадлежит к семейству Пасленовых, которое насчитывает около 2800 видов, и, является одной из самых главных и экономически важных овощных культур во всем мире (Lahoz et al., 2016). Томат является важным плодовым овощем и второй по значимости овощной культурой после картофеля. Мировое производство этой важной культуры оценивается в 130 миллионов тонн в год, получаемое с 4,7 миллиона гектаров земли (Ahmad et al., 2009). Томат по происхождению многолетнее растение, но выращивается как однолетнее. Возделывают его из семян или через рассаду, а также путем укоренения побегов и черенков [(Алпатьев, 1981); (Гавриш, 1990); (Мухин, 2004)]. Томат используется как в качестве свежего овоща, так и в различных продуктах переработки, таких как сок, кетчуп, соус, консервированные овощи, пюре, паста и т.д. Томаты и томатопродукты привлекают внимание также с точки зрения ценности микроэлементов, существующих в низкой концентрации. Помимо питательных элементов, цвета и аромата, плоды также являются ценным источником антиоксидантов и химически полезных соединений, и поэтому их можно назвать «функциональной пищей» (Ranieri et al., 2004).

Такому широкому распространению томата способствовали его ценные пищевые свойства: свежие плоды содержат сахара, кислоты, белки, минеральные и пектиновые вещества, витамины (С, А, В1, В2) и др. (Беков, 2014). Томаты являются важными компонентами рациона питания человека; они содержат около 94% воды, 2,5% общего количества сахаров, 2% общего количества клетчатки, 1% белков и других питательных соединений (кислот, липидов, аминокислот и каротиноидов) (Koh et al., 2012). Томат также содержит большое количество других биологически активных соединений, таких как фенолы, витамин С и провитамин А, которые, как считается, защищают и, возможно, предотвращают рак (Vinha et al., 2014).

В период созревания плод претерпевает ряд физиологических и биохимических процессов, которые изменяют его химический состав и клеточную структуру (Gautier et al., 2008). Это связано с деградацией хлорофилла и накоплением каротиноидов в плодах [(Raffo et al., 2006);(Raffo et al., 2002)]. Текстура клеток, красный цвет кожицы, характерный вкус и аромат, выработанные в ходе этого процесса, оказывают значительное влияние на потребительскую оценку, показывая, что зрелость томатов является одним из наиболее важных факторов, связанных с качеством конечного продукта [(Kader et al., 1978); (Adel, 2008)]. Поиск внешних факторов, связанных со зрелостью томатов и пригодных для точной оценки стадии созревания, стал решающим вопросом для технологии возделывания (Vatu, 2004). Хотя существует целый ряд возможных методов, но до настоящего времени не было разработано ни одного стандарта для оценки зрелости томатов. Внешние признаки, связанные со зрелостью томатов, такие как блеск, цвет, размер или форма, не являются надежными из - за того, что они сильно зависят от сорта и условий возделывания. Большинство из этих методов не могут быть применены в полевых условиях, а также из-за их трудоемкости (Pieczywek et al., 2018).

Томат является основной овощной культурой в мире и одним из основных источников фитонутриентов [(Mauro et al., 2020);(Mauro et al., 2015)]. Это делает его одним из предпочтительных объектов исследований для генной инженерии, поскольку он легко поддается биотехнологическим модификациям (Canene-Adams et al., 2005). Семена гибридных томатов  $F_1$  используются для коммерческого производства плодов томатов круглый год, благодаря их однородности, быстрому росту, высокой урожайности, высокому качеству плодов и, в частности, их устойчивости к вредителям и болезням (Dias et al., 2006), что приводит к высокому потреблению качественных гибридных семян  $F_1$  томата (Perveen et al., 2015). Томат, основная овощная культура, распространенная по всему миру, демонстрирует явный гетерозис, особенно в отношении признаков скороспелости и урожайности (Shankara et al., 2005). Качество томатов зависит от многих факторов, таких как

сорт, условия выращивания и созревание на растении или вне его. Томат обычно собирают на стадии зрелой зелени для транспортировки к конечному месту сбыта. Существует общее мнение, что томаты, созревшие на растении, имеют лучшее качество, в основном с точки зрения вкуса, что увеличивает цену этого товара. Созревание на растении сокращает время сбора урожая, увеличивает оборот, увеличивает время транспортировки и распределения, а также увеличивает срок годности (Arias et al., 2000). Томат обладает огромным потенциалом гетерозиса в отношении скороспелости, общей урожайности, характеристик устойчивости и однородности. Гибриды томатов будут по-прежнему преобладать в сельскохозяйственном производстве с высокими технологическими затратами, где они могут демонстрировать свои преимущества (Cheema et al., 2005).

### **1.1.2. Требования томата к условиям выращивания**

На качество и урожайность плодов томатов в значительной степени влияют различные факторы, включая температуру, климат, болезни, и вредителей (Maerere et al., 2006). Климатические условия могут оказать огромное влияние на качество продукции, выращиваемой в теплицах. Они не только влияют на физиологические процессы и приводят к различиям во внешнем виде овощных, но и влияют на их внутреннее качество. Изменение климатических условий в теплице может повлиять на такие ингредиенты, как сахара, кислоты и вкусовые вещества, а также витамины и вторичные растительные соединения (Gruda, 2005). Томат выращивается как однолетняя культура по всему миру в зависимости от различной интенсивности освещения, температуры, конструкции теплиц и оборудования, которые определяют разницу в урожайности в регионах мира (Kubota et al., 2018). Как и для многих других фруктов и овощей, оценка спелости сельскохозяйственной культуры обеспечивает оптимальное время сбора урожая, что оказывает огромное влияние на послеуборочное качество урожая. Сбор урожая на стадии полного созревания приводит к плохим транспортно-складским возможностям и неприемлемым органолептическим качествам, в то время как

преждевременный сбор урожая препятствует развитию характерного вкуса и аромата томатов.

Томат очень требователен к свету. При хорошей освещенности интенсивнее протекает ассимиляция, и лучше растут растения. При слабой освещенности растения вытягиваются, у них задерживаются цветение и плодоношение, опадают цветки, ухудшаются вкус и качество плодов (Грушанин et al., 2016). Рост и развитие растений зависит от их наследственной приспособленности к климатическим и почвенным условиям места обитания. К факторам внешней среды относятся свет, тепло, воздух и питательные вещества. Факторы жизни растений равнозначны, ни один из них не может заменить другого. Основное влияние на процессы роста и развития растений оказывает сочетание отдельных факторов в комплексе, все элементы которого неразрывно связаны между собой. Управление факторами корневого питания растений (вода, воздух, питательные вещества) возможно путем проведения различных технологических операций (Ивакин, 2016).

Томат относится к светолюбивым растениям, при недостатке света цветочная кисть не закладывается. Томат – растение жаркого климата, поэтому относится к группе овощей требовательных к теплу. Для нормального роста и развития ему необходима более высокая температура в течение длительного периода по сравнению с другими овощными культурами. Корневая система томата мощная, её развитие при рассадном и безрассадном способе культуры зависит от плодородия почвы: чем благоприятнее водно-питательный режим для развития растений, тем мощнее развивается их корневая система (Авдеев, 1982); (Авдеев, 2003)]. Сведения о фотопериодической реакции томата противоречивы. Установлены большие различия между сортами - от типичных короткодневных, нейтральных до длиннодневных. Сорта южного происхождения (чаще короткодневные) заметно отличаются от северных: последние более пластичны и относятся к длиннодневным или нейтральным (Алпатьев, 1981). По мнению отдельных учёных (Коняев, 1978), у культурных томатов реакция на длину дня и ночи отсутствует, поэтому применение терминов «короткодневные, длиннодневные и нейтральные

сорта» не имеет оснований. Он считает, что решающим фактором ускорения или замедления роста и повышения продуктивности томатов является не длина дня, а световая энергия, т.е. интенсивность и продолжительность облучения за день и за весь период (интеграл облучения). Томаты нуждаются в высокой интенсивности освещения в течение всего периода выращивания. Минимальная освещенность для рассады составляет около 5000 лк. За время от раскрытия семядольных листьев до начала цветения растению требуется около 4000 лк (Бексеев, 1989). Выращивание томатов считается деятельностью с высоким риском, главным образом из-за большой восприимчивости к болезням и вредителям, колебаний рыночных цен и большой потребности в ресурсах и услугах (Fernandes et al., 2007). Тепличная технология - это гибкое решение для устойчивого круглогодичного выращивания томатов, особенно в регионах с неблагоприятными климатическими условиями или ограниченными земельными участками и ресурсами. Точное знание потребностей растений на разных стадиях роста и при различных условиях освещения может способствовать разработке стратегий адаптивного управления для более экономичного и конкурентоспособного производства (Shamshiri et al., 2018).

### **1.1.3 Выращивание гибридов томатов**

Получение высокого урожая плодов хорошего качества является одной из главных задач выращивания томатов. Увеличение плотности посадки растений способствует уменьшению массы свежих плодов и увеличению урожайности. С другой стороны, параметры коммерциализации учитывают количество и свежую массу плодов (Cardoso et al., 2018). Тепличное производство томатов требует многих экологических, технологических и биологических методов для оптимизации производства и качества плодов (Franco et al., 2008). (Aboutrabi, 2003) обнаружил, при изучении некоторых гибридов томатов по признаку созревания плодов, что отдельные гибриды зацветали позже других гибридов, и что это различие существует между изученными гибридами по этому количественному признаку (который контролируется по крайней мере двумя парами генов и степень наследования низкая), и факторов окружающей среды, которые играют большую

роль в проявлении этого признака. Гибриды томатов исследуются уже более восьмидесяти лет, и многие гибридные сорта были выведены для рынка. Эти гибриды F<sub>1</sub> характеризуются хорошим качеством, высокой продуктивностью, и это было достигнуто путем сочетания и передачи желаемых доминантных генов от родителей, особенно устойчивости к болезням, в результате контроля одной пары генов. Способность гибридов давать плоды в различных условиях окружающей среды сделала их широко используемыми фермерами (Hasan et al., 2013). Высокие затраты на выращивание урожая и реализацию продукции, запросы рынка на продукцию более высокого качества стимулируют поиск новых наукоемких и экономичных альтернатив традиционным технологиям возделывания овощных культур. Одной из возможностей увеличения выхода плодов томата с единицы площади является увеличение плотности посадки. Культуры, выращенные при различных способах регулирования плотности посадки, нередко достигают лучших урожаев, чем разреженные (dos Santos et al., 2013); (Nachmann et al., 2014). По мнению С.Ф. Гавриша (2003), подбор сортов и гибридов зависит от типа культивационных сооружений (весенних – пленочных теплиц, зимних остекленных теплиц). Сорта, выращиваемые в защищенном грунте, должны обладать скороспелостью и высокой продуктивностью. В пленочных теплицах требуются сорта с урожайностью 11-15 кг/м<sup>2</sup>, ранней урожайностью 4 кг/м<sup>2</sup>, средняя масса плода должна быть 80-120 г, форма округлая, плоды равномерно окрашенные с высокими вкусовыми качествами. Для зимне – весенних периодов в остекленных теплицах требуются сорта ранне – среднеспелые с высокой урожайностью 16-18 кг/м<sup>2</sup> к началу августа и дружной отдачей урожая.

Томат черри один из самых важных видов для употребления в свежем виде. Сахара и органические кислоты, которые составляют значительную долю сухого вещества томатов, имеют большее отношение к вкусовым качествам, чем к питательной ценности томатов, причем антиоксиданты томатов играют важную роль в последнем аспекте. Более высокое снижение роста плодов томатов черри по сравнению с крупноплодными, может быть компенсировано улучшенной

питательной ценностью плодов: более высоким содержанием аскорбиновой кислоты и каротиноидов, а также антиоксидантной активностью (Petrović et al., 2019). Томаты черри участвуют в растущем рынке мини-овощей и считаются одними из самых перспективных в линейке дифференцированных продуктов. Они характеризуются небольшими размерами (плоды 15-25 г.), ярко-красным цветом, напоминающим вишню, и обладают превосходным вкусом (Reis Filgueira, 2000).

## **1.2 Распространение беспочвенных технологий**

### **1.2.1 Система гидропоники**

Некоторые из негативных последствий традиционного сельского хозяйства включают высокое и неэффективное использование воды, большие потребности в земле, высокие концентрации потребления питательных веществ и деградацию почв [(Killebrew et al., 2010);(Walls, 2014)]. Длительная эксплуатация почвы без учета севооборота в теплицах приводит к потере качества почвы, ухудшению ее структуры, образованию влагонепроницаемого слоя, высокому содержанию солей, распространению вредителей и болезней, и, как следствие, снижению урожайности (Parađiković, 2009). В настоящее время гидропонная технология стала более востребована в защищенном грунте, потому что это экологичный, высокоэффективный и относительно недорогой метод культивирования растений. Гидропонное растениеводство значительно распространилось и во всем мире. Развитие сопутствующих технологий: таких, как искусственное освещение, новые гибриды и сорта растений с высокой устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам повышают урожайность сельскохозяйственных культур, снижают удельные затраты на производство. Все это позволяет более эффективно использовать воду и удобрения, а также лучше контролировать климатические факторы и вредоносность патогенов и вредителей. Кроме того, гидропонное производство обеспечивает качество и продуктивность сельскохозяйственных культур, экономию ресурсов и увеличивает доходность производства и конкурентные преимущества (Тараканов et al., 2021). Гидропоника - это искусство беспочвенного земледелия, в котором выращивание растений проводится в среде с

меньшим содержанием почвы или водной среде. Данная технология использует минеральные питательные растворы для питания растений с использованием беспочвенных сред (Alshrouf, 2017). Сельское хозяйство без почвы заключается в использовании производств, при которых будут культивироваться и развиваться растения, когда они изолированы от почвы до тех пор, пока используемая система позволяет укрепить растения и обеспечить водой, необходимой для роста и развития. Такая система, используемая для выращивания растений в естественной почвенной среде с доставляемыми питательными веществами вместе с обычной водой. И, в некоторых случаях в качестве почвенного аналога может использоваться твердый материал, такой как гравий, песок, торф, перлит и вермикулит. Сельское хозяйство без почвы включает гидропонику, аквапонику, аэропонику, а также использование субстратов (El-Kazzaz et al., 2017).

Отметим, что система гидропоники является одним из направлений беспочвенной культуры. Это сельскохозяйственное производство многих растений с обеспечением их питательными веществами, растворенными в водных растворах, которые содержат элементы, необходимые для роста растений. Гидропоника подразделяется на две основные категории: жидкая и агрегатная (Michael et al., 2008). В открытой системе, которая является прерывистой системой, питательный раствор либо протекает через трубки, либо попадает на субстраты, а превышающее количество возвращается в водосборный резервуар. В закрытой системе, которая является статической прерывистой системой, питательный раствор вводится только один раз за цикл, а остальные растворы не возвращаются в водосборный резервуар (Resh, 1997). В последнее время гидропонная техника становится популярной, потому что это чистый и относительно простой метод, и не происходит заражения почв (субстратов) болезнями, насекомыми или вредителями сельскохозяйственных культур, при этом уменьшается, или исключается использование пестицидов и их последующая токсичность. Кроме того, растениям требуется меньше времени роста по сравнению с культурой, выращенной в поле, и рост растения происходит быстрее, так как нет никаких механических препятствий для роста корней и все питательные вещества легко доступны для растений.

При гидропонике используется значительно меньше воды по сравнению с почвенным земледелием. Так как при гидропонике корни растений либо погружены в воду, либо пленка питательных веществ, смешанных с водой, постоянно охватывает корневую зону, сохраняя ее увлажненной и питательной. Вода не расходуется впустую в этом процессе, так как она восстанавливается, фильтруется, пополняется и перерабатывается. Отработанный питательный раствор может быть использован в качестве альтернативного водного ресурса для выращивания сельскохозяйственных культур в условиях гидропонной системы (Choi et al., 2011). Тепличное сельское хозяйство ведется по нескольким направлениям, целью которых является наилучшее использование пространства помещений, особенно при использовании систем беспочвенной культуры для удвоения плотности производства в несколько раз, включая, вертикальную, подвесную, или столбчатую системы, а также систему в виде буквы А (Raviv et al., 2008). Преимущества гидропоники включают высокое качество урожая и урожайность, более низкие затраты на удобрения и более эффективное использование воды, а также снижение загрязнения окружающей среды, больший ее контроль и повышение эффективности производственного процесса (Logendra et al., 2001). Гидропонное выращивание томатов позволяет повышать плотность посадки. Высокая плотность посадки приводит к высокой урожайности, а плоды, из первой кисти, имеют большой размер и однородное качество. Однако стоимость гибридных семян томатов может повлиять на себестоимость продукции (Cardoso et al., 2018). В последнее время гидропонная технология становится популярной, потому что это чистый и относительно простой метод, и при этом уменьшаются возможности заражения сельскохозяйственных культур болезнями, передаваемыми через почву, насекомыми или вредителями, тем самым сокращая, или устраняя использование пестицидов и их последствие. Кроме того, растениям требуется меньше времени для выращивания по сравнению с культурой, выращенной в полевых условиях, и рост растений происходит быстрее, поскольку нет механических препятствий для корней, а все питательные вещества легко доступны для растений (Sharma et al., 2018). Беспочвенная культура это не просто

современная технология тепличного производства овощей и декоративных растений, ее особенностью является не только то, что выращивание растений происходит без почвы или иного субстрата, но могут использоваться более сложные системы выращивания растений, такие как вертикальное возделывание. При таком способе растения культивируются в трубах, расположенных в нескольких вертикальных рядах, установленных в закрытых конструкциях, с использованием искусственного освещения и полного контроля всех климатических параметров, что позволяет выращивать культуры в местах, обычно не подходящих для овощеводства, например, в городах или пустынях (Nicola et al., 2020). В последние годы культура тепличного томата проходит через постепенный переход к беспочвенной культуре, чтобы удовлетворить растущие потребности в производстве овощей с улучшенными качествами и свойствами и, в определённой степени, к органическому овощеводству (Sabatino et al., 2019). Тепличные томаты производятся очень экономичным по расходу воды способом. Томаты содержат много воды, что легко повышает урожайность. Томат также имеет очень высокий индекс урожая (это процент от потребляемой биомассы растения). В тепличных томатах около 80% производимой биомассы состоит из плодов, и только 20% образуют листья, стебли и корни (Nederhoff et al., 2010).

На основе работ современных исследователей, а также оценки применения установки «Фитопирамида», показано, что будущее гидропоники напрямую зависит от исследований, направленных на удешевление производства, повышение урожайности и качества продукции, снижение себестоимости единицы продукции настолько, чтобы эта система стала конкурентоспособной по сравнению с производством в открытом грунте и обычных теплицах (Фаравн et al., 2019). Благодаря достижениям в области гидропонных и аэропонных технологий, освещения с помощью светодиодов и энергии, обеспечиваемой с помощью солнечных батарей, теперь возможно вести сельское хозяйство в городах и, возможно, даже в отдельных домохозяйствах для создания центров производства и потребления, интегрированных с городскими и пригородными сообществами (Despommier, 2010).

По мнению (Khalil, 2014) рекомендуется поощрять производителей к использованию систем земледелия, не связанных с почвой, рационализировать потребление воды, элементов питания и сократить использование химических веществ и почвенно-эндемичных патогенов, а также количественные и качественные характеристики производства. По мнению (Кабанен, 2008) анализ применяемых технологий производства позволяет установить ряд достоинств многоярусной узкостеллажной гидропоники (в частности, более эффективное использование занятой площади, снижение удельных энергетических затрат может достигать 70% по сравнению с обычными технологиями), делающих МУГ-технологию предпочтительной для трансфера в другие климатические и рыночные условия. (Alan et al., 1993) выращивали растения томатов в почве, перлите, торфе, песке, пемзе и различных их сочетаниях. Их результаты показали, что самый высокий общий, а также товарный урожай был получен со смесью 80% пемзы + 10% перлита + 10% торфяной среды, что дает примерно на 30% больше продукта по сравнению с почвой. Ряд авторов сообщают, что содержание сухого вещества, сахара, растворимых сухих веществ, витаминов и каротиноидов в томатах; кислотность и вкус имеют лучшие показатели при выращивании в беспочвенных системах культивирования по сравнению с почвой (Gruda, 2009). В исследованиях (Obaid et al., 2019) было выявлено, что питание огурцов питательными растворами в гидропонной системе имело лучшие результаты, свидетельствующие о значительном превосходстве по количеству плодов, а также в превосходстве по процентному содержанию кальция в листьях и содержанию сухих растворимых веществ в (TSS)% свежих плодах. В исследовании (Salman, 2021) обнаружено, что в рамках гидропонной системы с использованием технологии создания питательной пленки (NFT), снижение загрязнения окружающей среды, почвы и воды, а растворы гидропоники можно повторно использовать для полива открытых полей, засаженных различными видами овощей, повышая эффективность использования воды на (86,85%) при использовании раствора (Абир) и (53,08%) при использовании раствора (Купера). Ирак страдает от проблемы недостатка воды, плохого управления водными ресурсами, низкоэффективного использования

орошения, опустынивания, сокращения сельскохозяйственных угодий, повышения засоленности и истощения подземных вод, что отрицательно сказывается на сельскохозяйственном секторе и качестве сельскохозяйственных земель. От этого комплекса проблем страдают также и традиционные системы обработки почвы. Имеет место чрезмерное использование удобрений, что негативно сказывается на окружающей среде и приводит к деградации почв. Большинство исследований по сельскохозяйственному сектору Ирака указывают на снижение продуктивности с единицы площади наряду с большим расходом воды. Эти проблемы заставляют нас искать альтернативные подходы для их решения. Одной из таких альтернатив являются гидропонные или беспочвенные системы культивирования (Аль-Рукаби и др., 2021).

### **1.2.2 Вертикальное возделывание растений**

Вертикальное земледелие породило концепцию пирамидального возделывания культур. Пирамидальное возделывание - это новая инновационная концепция выращивания растений в пирамидальных структурах для максимального использования пространства. Одним из прекрасных примеров пирамидального овощеводства является «пирамидальная ферма». (Kain, 2009). Вертикальное культивирование стало решением для наилучшего использования пространств. Наиболее важным фактором успеха этого метода является подбор гибридов, подходящих для специфических условий технологии с устойчивостью к болезням, высокой продуктивностью и вкусовыми качествами (Аль-рукаби и др., 2021). Для наиболее эффективного способа производства продуктов питания без почвы с использованием гидропонных и аэропонных технологий, возделывание должно осуществляться в специально построенных многоярусных сооружениях (Masyk , Fritz, 2017).

Необходимыми условиями для вертикальных ферм являются постоянный мониторинг и контроль в режиме реального времени температуры, влажности, концентрации CO<sub>2</sub>, интенсивности света и воздушного потока. Естественный цикл день-ночь может быть достигнут с помощью синих, красных и белых светодиодов.

Такой специализированный искусственный свет может обеспечивать растение светом непосредственно, в тех зонах, где он необходим. Существует мнение, что правильно подобранное искусственное освещение безопаснее, чем прямое воздействие солнечного света и тепла (Masyk,Fritz,2017). Вертикальное гидропонное земледелие представляет собой комбинацию двух методов: вертикального размещения растений в сочетании с гидропонным методом. Эти методы не являются новыми, но недавние исследования ученых по всему миру доказали их полезность [(Abdullah, 2016);(Mehra et al., 2018)]. Вертикальное земледелие имеет множество преимуществ по сравнению с горизонтальным, так как включает в себя большую эффективность, адаптивность и экологические преимущества, отсутствие отходов или загрязнения окружающей среды, а также высокий уровень продуктивности. Все вышеупомянутые преимущества сделало это возможным в одной системе. Если его использование станет обычным и широко распространенным по всему миру, то недостаток питания будет исчезать, а пагубное изменение климата также замедлится (Kalantari et al., 2018).

Несмотря на то, что вертикальные фермы имеют более высокие затраты на запуск и эксплуатацию, они производят больше урожая на единицу используемой площади земли. Контролируемая среда выращивания в закрытых помещениях обеспечивает оптимальные условия выращивания и масштабируемый способ достижения экономичного производства. Существуют четыре основных принципа при запуске и обслуживании крытой вертикальной фермы: местоположение, тип выращивания, тип культуры, технология (Wong et al., 2020). Концепция защищенного сельского хозяйства, усиленная вертикальным гидропонным земледелием, может помочь решить надвигающуюся нехватку продовольствия, связанную с нехваткой пахотных земель и воды, которую усугубляет изменение климата (De Anda et al., 2017). Технология вертикального земледелия рассматривалась как решение этих проблем на ограниченной площади почвы, пригодной для ведения сельского хозяйства, а также более рационального использования водных ресурсов, что обеспечивает лучшие возможности для устойчивого снабжения продовольствием [(Besthorn, 2013);(Daniel, 2014)].

(Despommier, 2010) и другие утверждают, что в принципе в вертикальной сельскохозяйственной теплице можно выращивать любую культуру. Автоматические вертикальные гидропонные системы могут способствовать резкому увеличению в производстве продуктов питания, когда в домашних условиях можно выращивать различные виды культур, для удовлетворения потребности людей. Ядром гидропонной системы является поддержание и контроль параметров окружающей среды, а также эффективное снабжение питательными веществами и водой для здорового роста растений (Chowdhury et al., 2020). Результаты показали, что выращивание салата ромэн с использованием пирамидальной гидропоники увеличило максимальную урожайность с единицы площади почти на 70% по сравнению с обычной технологией (Valentin et al., 2017).

### **1.2.3 Технология МВТУ (многоярусная вегетационная трубная установка)**

#### **Фитопирамида.**

Для обеспечения непрерывного поступления продукции томата на рынок в настоящее время разработаны технологии круглогодичного выращивания томата, в том числе при малообъемной технологии типа «Фитопирамида».

«Фитопирамида» - это гидропонная технология выращивания овощей приливно-отливным методом на многоярусных вегетационных установках без почвы и ее заменителей, что значительно удешевляет производство. Вегетационные трубы размещены на нескольких уровнях по высоте, благодаря чему в объеме культивационного сооружения располагаются сразу несколько плодоносящих ярусов (Рис. 1 и 2). Каждый из них имеет собственную корневую систему и ассимиляционный аппарат и автономно получает световую и тепловую энергию, минеральное и углекислотное питание, что обуславливает высокие показатели его продуктивности. В технологии «Фитопирамида» используется водо-воздушный метод выращивания культур (субирригационная гидропоника). Уровень питательного раствора в корнеобитаемом объеме циклически повышается и понижается, и растения при этом получают сбалансированное минеральное и воздушное питание. Их корневая система, находящаяся в перфорированных

стаканчиках-контейнерах, имеет возможность свободно развиваться в идеальных условиях аэрации, благодаря чему растения быстро растут, активно и дружно плодоносят. Данный метод позволяет высокоэффективно выращивать различные культуры — томаты, баклажаны, перец, салат, землянику, зеленные, а также огурцы и кабачки.

Гидропонные системы считаются более экологическими по сравнению с системами выращивания на основе грунтов. Беспочвенный метод имеет большое количество вариаций. Его можно использовать в различных местах, таких как балконы, крыши зданий, различные теплицы и земли, непригодные для выращивания сельскохозяйственных растений. Целесообразнее использовать «Фитопирамиду» для «мелкотоварного овощеводства», «для фермерских хозяйств», «для участников малого и среднего бизнеса».

Фитопирамида это установка для многоярусного выращивания растений бессубстратным, аэроводным способом (Фаравн et al., 2020). Она представляет собой каркас, на котором в нескольких ярусах размещены вегетационные трубы. Количество ярусов зависит от вида выращиваемых растений. Многоярусность позволяет значительно эффективнее использовать площадь и объем теплицы. При равных затратах на отопление и содержание культивационного сооружения продуктивность единицы площади при многоярусном способе гораздо выше, а значит возрастает и рентабельность производства (Селянский et al., 2013а). Гидропонная система «Фитопирамида» обеспечивает рациональное использование пространства с наибольшим количеством растений на единицу площади за счет использования многоярусных вегетационных трубных установок (Аль-Рукаби и др., 2022). Технология «Фитопирамида» – альтернативное решение для получения экологически безопасных органических продуктов при одновременном снижении потребления воды, удобрений и пестицидов (Аль-Рукаби и др., 2021).

Спроектированная и разработанная А-образная гидропонная установка зарекомендовала себя как приемлемая технология для выращивания культур в условиях защищённого грунта с ограниченными требованиями к пространству (Krishan et al., 2020). Нет необходимости применять, а значит, и закупать

различного рода дорогостоящие субстраты, кокосовые, торфяные, минерало - ватные маты и кубики, керамзит, гравий, вермикулит и т. д. Повторно используется весь питательный раствор, а значит, нет потерь дорогостоящих минеральных удобрений, которые в малообъемных технологиях со сбросом дренажа, составляют 25-30%, или порядка десяти тонн чистых удобрений на один гектар за сезон; Выращивание низкорослых (супердетерминантных) растений томата на «Фитопирамидах», позволит получать более ранние урожаи и реализовывать продукцию в периоды с наиболее высокими ценами реализации (Селянский и др., 2011). Одно из преимуществ технологии состоит в том, что многоярусное размещение наибольшего числа растений на 1 м<sup>2</sup> дорогостоящей тепличной площади позволяет увеличить выход продукции (Al-Rukabi, 2020).

Таким образом, за счет того, что многоярусность обеспечивает выращивание на 1 м<sup>2</sup> 10–15 растений, а не 3–4, как при традиционной технологии, при относительно невысокой единичной продуктивности одного растения (Селянский, 2018). Выращивание растений томата по технологии «Фитопирамида», позволит реализовывать продукцию в периоды с наиболее высокими ценами реализации, а разница в сроках созревания обеспечивает рынку самое длинное время поступления томатов (Аль-рукаби и др., 2020). Габаритные размеры одной вегетационной установки «Фитопирамида»: длина – 6 м, ширина по опорам – 1,2 м. Высота вегетационной установки ограничена соображениями удобства обслуживания и составляет 2,2-2,3 м. На семи ярусах одной установки «Фитопирамида» одновременно могут расти, развиваться и плодоносить 364 низкорослых растений высотой 30-60см (Селянский и др., 2013а). Компактность производственных площадей – одно из достоинств системы «Фитопирамида», инвентарная площадь одной вегетационной установки составляет всего 7,4м<sup>2</sup>. Благодаря такой конструкции установки, представляется возможным значительно снизить себестоимость продукции и получить максимальную прибыль (Селянский и др., 2013 б). Общая площадь запущенных и монтируемых объектов, оборудованных вегетационными установками «Фитопирамида» - 12940 кв.м. Это – Москва, республика Татарстан, Чеченская республика, Калининградская область,

Волгоград, Нижневартовск, Тирасполь, Объединённые Арабские Эмираты. Выращивание, как при естественном в полимерных сооружениях, так и на искусственном свете в светонепрозрачных помещениях.



**Рисунок 1- Технология МВТУ (Фитопирамида) / естественное освещение**



**Рисунок 2-Технология МВТУ (Фитопирамида) / искусственное освещение**

### **1.3 Влияние спектра излучения**

#### **1.3.1 Искусственное освещение растений**

Среди факторов окружающей среды в овощеводстве свет является одной из наиболее важных переменных, влияющих на развитие, рост и производство растений (Kendrick et al., 2012). Жизнь растения зависит от света следующим образом: свет обеспечивает поступление энергии для производства органического вещества при фотосинтезе, является морфогенетическим стимулом. Фотоморфогенетические реакции включают эффекты роста, такие как прорастание семян, фототропизм и удлинение органов, и дифференциацию, например, формирование бутона и листьев, а также регулирование фотосинтетических

пигментов (Goto, 2003). Свет является движущей силой роста и развития растений. Количество и качество света для фотосинтеза – это сочетание его продолжительности, спектра и плотности падающей на растение фотосинтетически активной радиации (ФАР) [(Li et al., 2009); (Bian et al., 2015)]. Какие динамические световые спектры можно предложить в качестве перспективы увеличения роста и производства в системах с высокой добавленной стоимостью, таких как тепличное овощеводство и вертикальное возделывание (Dieleman et al., 2019)? С развитием городского сельского хозяйства искусственный свет стал самым важным способом контроля за световыми условиями. Долгое время использовались люминисцентные, металлогалогенные и натриевые лампы; много исследований было проведено для проверки их эффекта. Потенциал использования светодиодного освещения состоит из развития видов, состоящих из оптимальной доли конкретных узкополосных волн света, которые могут оптимизировать рост, развитие и, в то же время приводить к сокращению энергии по сравнению с традиционно используемыми источниками света в овощеводстве (Lu et al., 2017).

Качество света (его спектральный состав) также оказывает большое влияние на рост, а в дальнейшем и на развитие генеративных органов томата [(Бексеев, 1989); (Брежнев, 1964)]. При недостатке света растения сильно вытягиваются, листья приобретают светлую окраску вплоть до желтовато-зеленой, развитие замедляется и образовавшиеся бутоны опадают. Светодиодное освещение можно охарактеризовать как более экологически чистое и экономически выгодное, чем обычное освещение, по крайней мере, для закрытых помещений при выращивании растений, и то время как они более безопасны при использовании и утилизации [(Schultz et al., 2008); (Nhut et al., 2010); (Shimada et al., 2011)]. При разработке и проектировании новых типов установок света для сооружений защищенного грунта необходимо учитывать следующие особенности и требования (Степанчук et al., 2010):

1. Параметры установки во многом зависят от выбора культуры и сорта растения, которые подвергаются облучению. А так же, в какую фазу вегетационного периода будет использоваться эта установка;

2. Выбор агротехнологии выращивания тепличной культуры, в зависимости от выбора культуры и сорта растения (гидропоника и т.д.);

3. Выбор пространственного расположения рабочей поверхности, подвергающийся облучению;

4. Выбор способа облучения: постоянный, переменный, импульсный, комбинированный.

5. Выбор типа облучателей (спектр, эффективность, светораспределение, срок службы).

При реализации современных агротехнологий в защищенном грунте всегда имеется возможность выращивания овощных культур со снижением энергозатрат. Перспективным направлением снижения затрат энергии является разработка более совершенных конструкций, способов и режимов работы технологического оборудования, в частности систем искусственного облучения (Долгих и др., 2016). Растения томатов в тепличном производстве часто сталкиваются с недостаточным освещением в нижнем пологе, особенно в зимний сезон с низким уровнем облучения (Jiang et al., 2017b). Выращивание растений в полностью изолированных помещениях на электрическом освещении позволяет исключить влияние внешних факторов и круглогодично выращивать различные растения в самых комфортных для них условиях, а значит получать от растений высокую отдачу при высоком качестве продукции. Светокультура растений стала актуальной в связи с быстро нарастающим изменением климата, в отдаленных регионах с неблагоприятными и экстремальными климатическими условиями, а также в связи с быстрорастущими затратами на логистику (Селянский и др., 2013b). С другой стороны, различные части светового спектра служат сигналами, обеспечивающими организм важной информацией из окружающей среды. Они вызывают многочисленные

фотопериодические и фотоморфогенетические реакции растений. Световой спектр ламп может оказывать влияние на морфологию (архитектонику) растений и цвет листьев (Мое, 1994).

По мнению Шарупич и др.,(2011) растения томата сорта «Пламя», выращенные при технологической схеме облучения «верхнее + нижнее», имеют более высокую индивидуальную продуктивность. Средний урожай с одного растения томата сорта «Пламя» в варианте системы облучения «верхнее + нижнее» составил  $1,13+0,15$  кг, в варианте системы облучения «верхнее» -  $0,74+0,05$ . Таким образом, общая урожайность в варианте «верхнее + нижнее» на 52,7 % больше, чем в варианте «верхнее». По мнению Субботина et al., (2018) исследовано влияние удлиненного фотопериода на эффективность использования потока излучения растениями томата (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Выявлено, что использование удлиненного фотопериода в совокупности с высокими уровнями облученности приводит к развитию хлороза листьев растений. При варьировании составляющими дозы, зафиксировано отклонение от закона взаимозаместимости. Анализ показал, что деградация хлорофилла является реакцией на длительный фотопериод, а не на дозу. При удлинении фотопериода до 22 ч наблюдалось существенное снижение площади листовой поверхности у растений. Наличие синего излучения дополнительно уменьшало площадь листьев. Схожая закономерность наблюдалась для сырой массы листьев. Величина удельной площади листьев падала при увеличении облученности для обоих типов спектра и величины фотопериода. Наименьшие значения энергоемкости наблюдались при добавке 10% синего излучения, среднем уровне облученности и фотопериоде 16 ч. Отклонение от среднего уровня облученности, снижение доли синего излучения в спектре и удлинение фотопериода вело к увеличению величины энергоемкости, фотосинтезу, росту и развитию. Дополнительное освещение, как доказано, увеличивают рост трансплантации и качество в овощных теплицах (Hernández et al., 2012). Корейские исследователи (Son et al., 2013) показали, что при чистом красном свете количество выращенного салата больше, чем при сочетании красного и синего света, но листья

имеют значительно меньшее количество хлорофилла, полифенолов и антиоксидантов. Исследователи биологического факультета (МГУ) (Ptushenko et al., 2015) выяснили, что синтез сахаров снижается, рост тормозится в листьях китайской капусты, под узкополосным красным и синим цветением не происходит (по сравнению с натриевой лампой).

### **1.3.2 Воздействие светодиодного облучения различного спектрального состава**

Традиционно лампами для растениеводства были высокоинтенсивные разрядные лампы, такие как натриевые высокого давления (HPS), металлогалогенные (МН) и ртутные с люминофором (НРМV). Эти лампы весьма различны по эффективности, но их общим недостатком является недостаточное экологическое качество и невысокий срок службы. Светодиодные излучатели являются новой перспективной технологией, которая обладает огромным потенциалом для повышения эффективности и замены традиционно используемых в растениеводстве ламп (Kozai et al., 2015). Светодиодные фитооблучатели внедряются в теплицы в следующих формах: традиционное верхнее освещение; междурядное освещение; многоярусные системы для выращивания растений (Prikupets, 2018). Светодиодные лампы (LED) - инновационный источник искусственного света для растений, являются многообещающим освещением для улучшения качества питательных веществ в ростках и микрорзелени, как в качестве дополнительного, так и в качестве единственного источника освещения. Таким образом, применение светодиодного освещения в овощеводстве имеет огромную потенциальную пользу для здоровья и предоставляет возможности для устойчивого и эффективного питания растущего населения в будущем (Zhang et al., 2020).

Преимущества светодиодных ламп включают в себя снижение потребления электроэнергии, снижение стоимости, и простоту реализации индивидуального рецепта освещения для различных культур. Интенсивность и спектральный контроль светодиодов позволяют оптимизировать качество света в соответствии с

фотосинтетическими пигментами и фоторецепторами растений для повышения эффективности (Wong et al., 2020). В дополнение к этому и их небольшой размер, долговечность срока службы, прохладная температура излучения, и возможность выбора специфической длины волн для целевой реакции делают светодиоды более подходящими для растений, чем многие другие источники света (Massa et al., 2008). По сравнению с прочими источниками искусственного облучения светодиоды безопасны, долговечны в использовании, а также отличаются сравнительно низким энергопотреблением (Яковцева и др., 2015). Доказано, что снижение скорости фотосинтеза в нижних листьях культуры связано не с их возрастом, а с плохими условиями освещения (Engbers et al., 2006). В 1990 году светоизлучающие диоды (LED) были протестированы на росте растений (Bula et al., 1991) и теперь все чаще используются для освещения растений (Morrow, 2008).

Управляя этими инструментами, можно выстраивать различные комбинации, тем самым влияя на рост и развитие растений и значительно повышая продуктивность. Этой уникальной возможности лишены традиционные теплицы (Селянский и др., 2013b). Фотосинтез овощных культур использует в основном длину волны 610 нм и 720 нм красного света, поглощение энергии которого составляет примерно 55% от общего физиологического излучения. За этим следует длина волны 400 и 510 нм сине-фиолетового света, что составляет примерно 8% от общего использования. Растения реагируют на спектральное качество (т.е. цвет), изменяя свою морфологию (например, площадь листа и длину побега). Этому способствуют навесы, которые позволяют перехватывать свет с высокой эффективностью и фотосинтезом для получения адекватной урожайности. Текущие исследования влияния светодиодного света в основном сосредоточены на морфологии растений. Меньше известно о влиянии светодиодного света на реакцию фотосинтетической системы и изменения качества урожая (Jiang et al., 2017). Светодиодные светильники с различным спектром излучения могут служить альтернативным источником освещения растений при выращивании культур в защищенном грунте, а также положительно влияют как на рост биомассы,

пищевую ценность растений и эффективность производства культуры (Курьянова и др., 2017).

Исследования показали, что красный свет способствует увеличению сырой и сухой массы, удлинению стебля и увеличению площади листа [(Neo et al., 2012);(Johkan et al., 2010a); (Wu et al., 2007)]. В то время как синий влияет на морфологию развития и производство биомассы в зависимости от вида растений и других условий окружающей среды (Kigel et al., 1991). Красный и синий свет являются наиболее важными световыми спектрами для фотосинтеза при получении адекватного урожая. Считается также, что зеленый свет может способствовать адаптации к росту. Тем не менее, последствия зеленого света, который может вызвать конкретные и необходимые реакции роста растений, были недооценены в прошлом (Bian et al., 2018). Из световых спектров, красный и синий свет более эффективны при регулировании физиологических процессов растений, и фотосинтетических функций (Whitelam et al., 2007). По мнению (Курьянова и др., 2017) опыт использования светильников-облучателей тепличных светодиодных при возделывании салата, капусты белокочанной и лука репчатого позволил выявить, что растения капусты белокочанной и салата лучше развивались под светодиодными светильниками (спектр красный, синий + призмы). Экспериментальные данные по биохимическому составу листьев лука репчатого, выращенного при разных спектрах светодиодных светильников, показали наибольшее накопление витамина С. Показано, что в теплицах с многоярусной узкостеллажной гидропоникой наиболее целесообразна технологическая система дополнительного искусственного облучения по типу «верхнее+нижнее», как обеспечивающая на 52,7 % большую урожайность (Шарупич и др., 2011).

Рассмотрена зависимость скорости прорастания семян томата и эффективности их всхожести от режимов облучения светодиодами красного спектра. Отмечено положительное влияние отдельных составляющих спектра светодиодного освещения на рост и развитие растений на различных стадиях их жизненного цикла) (Хомяков et al., 2015). Специальное светодиодное освещение

позволяет растениям расти в два с половиной раза быстрее, и, сокращает цикл дня и ночи при оптимальных условиях температуры и влажности (Benke et al., 2017). Tarakanov et al., (2012) отмечали, что различные светодиодные системы с различными диапазонами длин волн, достигающие максимума в синей и красной областях спектра, могут эффективно использоваться как для фундаментальных исследований фотоморфогенеза растений, так и для точной настройки физиологических процессов растений и оптимизации режимов освещения видов/сортов. Когда морфология и архитектура растений изменяются для повышения эффективности использования света с точки зрения более высокого поглощения света и использования на уровне сельскохозяйственных культур, изменение светового спектра может повысить урожайность этих культур (Nuché-Thélier et al., 2016).

За последние годы большой интерес вызвала разработка светоизлучающих диодов (светодиодов) в качестве альтернативных источников света для использования в энергоэффективных теплицах (Särkkä et al., 2017). Светодиоды преобразуют электричество в свет на 50% эффективнее, чем лампы (HPS) [(Dzakovich et al., 2015);(Randall et al., 2014)]. Светодиоды работают при низкой температуре, что позволяет использовать их в качестве промежуточного освещения вблизи листьев в нижней части кроны и увеличивать фотосинтез без риска повреждения в результате нагревания [(Trouwborst et al., 2010); (Randall et al., 2014)]. Сегодня для различных культур разрабатываются инновационные технологии освещения растений на основе светодиодов (светодиодов). Способность адаптировать световой спектр к желаемым реакциям растений, по-видимому, является одним из преимуществ этих источников света. С другой стороны, применение светодиодов требует точной настройки освещенности в соответствии с требованиями культуры / сорта (Yakovtseva et al., 2015). Результаты экспериментов продемонстрировали, что светодиодные светильники, в отличие от газоразрядных натриевых ламп высокого давления (Днат), позволяют, варьируя спектральный состав света и/или используя импульсное излучение, повышать урожайность и/или качество выращенной продукции без дополнительных

энергетических затрат на освещение посевов. Показано, что при определённых сочетаниях параметров импульсного излучения и спектрального состава света концентрация аскорбиновой кислоты в листьях может быть повышена почти в два раза по сравнению с аналогичным показателем растений, освещаемых натриевой лампой, при том же уровне усреднённой по времени (ППФ) (Коновалова et al., 2016).

Салат, выращенный под красным светодиодом, показал наибольшее количество листьев, длину листа, ширину листа и площадь листа. Масса листьев в свежем и сухом виде уменьшалась с увеличением доли синего света (Lee et al., 2014). Зеленый свет положительно влияет на индекс площади листа огурца, длину стебля томата, длину черешка редиса. Однако зеленый свет также подавлял концентрацию хлорофилла в огурце (Snowden et al., 2016).

В недавнем экспериментальном исследовании, (Jiang et al., 2017a) наблюдалось положительное влияние дополнительного светодиодного освещения снизу и внутри ценоза на рост и развитие растений томатов, о чем свидетельствует более высокая сырая и сухая масса, диаметр стебля и удельная площадь листьев. (Yan et al., 2020) обнаружено, что салат-латук с фиолетовыми листьями выращивали на гидропонике в течение 20 дней под белыми светодиодами, белыми плюс красными светодиодами, красными плюс синими светодиодами и красными плюс синими светодиодами, дополненными ультрафиолетовым, зеленым или дальним красным светом соответственно. Белые и красные светодиоды значительно увеличили массу листьев сырую и сухую у фиолетового листового салата на 25%.

Таким образом, можно использовать свет от дополнительного источника для увеличения синтеза углеводов и средней массы свежих овощей. В развитии плода участвует множество генов (Er Neuvelink et al., 2018), таким образом, на среднюю массу плода влияют экологические и генетические факторы. Выявленный (Jiang et al., 2017a) дополнительный светодиодный облучатель (Interlighting) снизу и внутри ценоза растений томата положительно стимулирует рост, развитие и урожайность

растений. По мнению (Ракутько и др., 2019) результаты экспериментов позволили выявить закономерности роста и энергетики процесса облучения для светокультуры рассады томата, выращиваемой в лабораторных условиях под различным спектром и интенсивностью облучения. Применение дополнительных светодиодов в комбинации с традиционными источниками позволит оптимизировать воздействие на рост и развитие растения за счет варьирования спектральным составом и интенсивностью облучения. Синее излучение в составе ФАР в доле  $\sim 10\%$  ведет к существенной разнице практически всех биометрических показателей растений. Экспериментальные исследования по выращиванию редиса показали, что использование светодиодного освещения изменяет рост растений. Наиболее эффективным светодиодное освещение будет при совместном использовании синих и красных светодиодов (Поезжалов и др., 2015).

**Выводы по главе:** Вертикальное возделывание растений это инновационный, основанный на новых технологиях подход к производству продуктов питания в полностью контролируемой среде. Технология МВТУ Фитопирамида позволяет значительно увеличить выход продукции с единицы площади и дает возможность круглогодичного поступления овощей, с оптимальной урожайностью и высоким качеством плодов. Данная технология заключается в коротком обороте продолжительностью от четырех до пяти месяцев. Плоды созревают на 3-4 кистях, в течение этого периода от одного до двух месяцев. Наконец, использование пяти рядов для выращивания на стеллажах позволяет увеличить количество растений и, таким образом, повысить урожайность на единицу площади и раннее созревание по сравнению с обычным культивированием в грунте, что в начале сезона приносит экономическую отдачу при высоких ценах на продукцию. Преимущества этой технологии позволяют проводить наибольшее количество оборотов и получать максимальную урожайность на единицу площади. Целесообразнее использовать «Фитопирамиду» для мелкотоварного овощеводства, фермерских хозяйств, участников малого и среднего бизнеса. Именно по этим

причинам гидропоника является перспективной сельскохозяйственной технологией для удовлетворения потребностей будущего. Опыт использования гидропоники в Ираке за последние годы показал, что данная технология повышает производительность использования площадей и снижает давление экологических проблем, связанных с производством в открытом грунте. В развитие данной темы, мы провели в России изучение современной инновационной системы многоярусной гидропонии «Фитопирамида», как альтернативы традиционному земледелию. Искусственное освещение светодиодами в теплицах, или основное искусственное облучение, как метод увеличения дневного света, воспринимаемого растениями, с целью роста производства продукции и развития растений, например, рассады томата для ускорения и улучшения физиологических процессов и устранения затенения в нижних рядах или при недостаточном естественном освещении.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

### 2.1 Место проведения эксперимента

В 2020-2021 гг. во ВНИИО – филиал ФГБНУ «Федеральный Научный Центр Овощеводства», Московская область (3 световая зона). В 2020 г. в лаборатории искусственного климата (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева) В 2022–2023 гг. в НПЦ «Светокультура», которая входит в состав Международной светотехнической корпорации «БООС ЛАЙТИНГ ГРУПП» (МСК «БЛ ГРУПП»)

### 2.2 Исходный материал и условия проведения опыта

Исследования проводили на многоярусной вегетационной трубной установке «Фитопирамида» (МВТУ «Фитопирамида») в теплице с поликарбонатным светопрозрачным покрытием и в изолированном от внешнего мира помещении; в весенней грунтовой пленочной теплице; в фитотроне.

МВТУ «Фитопирамида» разработана А.И. Селянским и Е.В. Лобашевым, имеет пирамидальную форму с А-образным профилем. Установка представляет собой отдельный тип гидропоники приливного-отливного типа с питательным раствором в трубах. Растения высаживаются в отверстия в трубах в несколько ярусов (Приложение 7).

Фитотрон представляет собой изолированную от внешнего мира установку, в которой растения выращиваются в вегетационных сосудах и полностью контролируется микроклимат – температура, влажность, освещенность.

Весенняя пленочная теплица представляет собой сооружение ангарного типа с естественной освещенностью и выращиванием растений в грунтовой культуре (Приложение 5).

МВТУ «Фитопирамида» в НПЦ «Светокультура», находилась в изолированном от внешнего мира помещении.

Объектом исследований служили гибриды F<sub>1</sub> томата селекции Агрофирмы «Поиск» и ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО разных групп спелости и товарных

групп: ультраранние Капитан, Донской, Афродита (детерминантные, среднеплодные), раннеспелые Волшебная арфа, Эльф (индетерминантные, тип-черри), Рафинад (индетерминантный, биф ), Пламенный (детерминантный, крупноплодный), среднеранний Мангусто (полудетерминантный, крупноплодный), Розанна (детерминантный, крупноплодный), среднеспелые Коралловый риф, Румяный шар (индетерминантные, тип-биф), среднепоздние Маргарита блюз, Огонь (индетерминантные , крупноплодные), Алая каравелла (индетерминантный, кистевой ).

Применяемые технологии, субстраты и параметры микроклимата согласно схемы опытов. В тексте работы использовали понятия по (ГОСТ 58461-2019) "Освещение растений в сооружениях защищённого грунта».

**Опыт 1 Сравнительная оценка гибридов томатов различных товарных групп и групп спелости в условиях теплицы «Фитопирамида», оборудованной многоярусной вегетационной трубной установкой и в весенней пленочной теплице.**

Площадь выращивания на МВТУ- 326,4 м<sup>2</sup> (9,6 м х 34м), общая площадь- 460,8 м<sup>2</sup> (9,6 м х 48м). Плотность посадки на 5 ярусах - 16,2 растения/м<sup>2</sup>, расстояния между растениями в трубе 22 см. (Рис. 3). В испытании участвовало 11 гибридов томатов: Волшебная арфа F<sub>1</sub>, Эльф F<sub>1</sub>, Капитан F<sub>1</sub>, Донской F<sub>1</sub>, Афродита F<sub>1</sub>, Коралловый риф F<sub>1</sub>, Румяный шар F<sub>1</sub>, Маргарита блюз F<sub>1</sub>, Огонь F<sub>1</sub>, Алая каравелла F<sub>1</sub>, Мангусто F<sub>1</sub> (рис. 4).

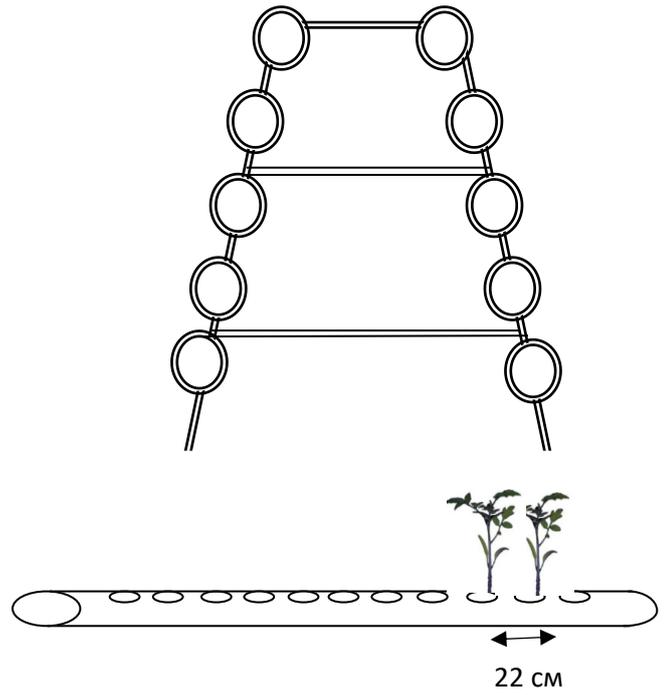


Рисунок 3- Установка (Фитопирамида) в теплице с поликарбонатным светопрозрачным покрытием



**T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-Мангусто F<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>**

**Рисунок 4 4 Гибриды томатов различных групп спелости в «Фитопирамиде»**

Вегетационный период - 3 месяца. Период сбора плодов 2 месяца. Оборудована установкой аварийного обогрева. Теплица постоянно проветривалась, для снижения риска развития болезней растений. На рассаду семена томатов высевали в пластиковые лотки, заполненные субстратом на основе торфа и удобряли питательным раствором ( $EC = 2,5 DS \cdot m^{-1}$ , pH 5,5. В течение шести недель рассаду томатов выдерживали в теплице при температуре от 18°C до 22°C днем и от 16°C до 18°C ночью при относительной влажности воздуха 60-65%. Рассаду томата выращивали в условиях искусственной досветки. Растения

получали сбалансированное минеральное питание из питательного раствора, периодически поступающего к корням (по принципу прилив-отлив). В рассадный период режим питания - 100 мл на растение в день питательного раствора Хогленда ( $0,54 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ KNO}_3$ ,  $0,84 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $0,14 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ KH}_2\text{PO}_4$ ,  $0,25 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ MgSO}_4$  и  $0,2 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ Fe}$ ). В вегетативной фазе ЕС питательного раствора составлял  $3,5 \text{ ДС} \cdot \text{м}^{-1}$ , а в фазе цветения -  $5,0 \text{ ДС} \cdot \text{м}^{-1}$ ; pH еженедельно регулировали до pH 5,0- 5,5. и температурой  $25^\circ\text{C}$  днем/ ночью при относительной влажности 60-65%.

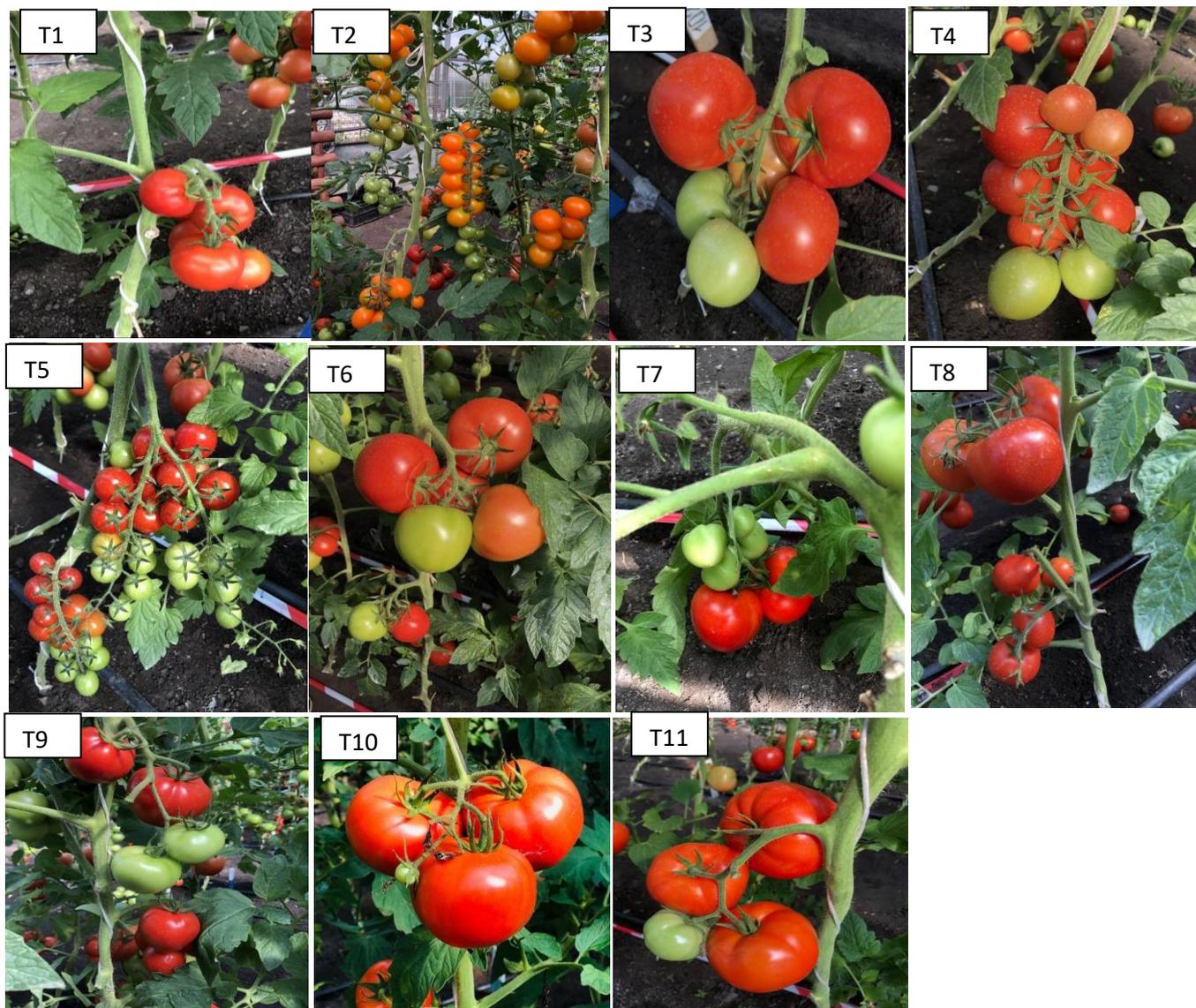
Площадь под опытом в весенней плёночной теплице -  $144 \text{ м}^2$  (24м x 6м), расстояние между растениями 35 см, плотность посадки— $3,4$  растения/ $\text{м}^2$ , семена для получения рассады были посеяны в то же время, что и для гидропонной технологии (рис. 5). Далее растения выращивали, согласно соответствующим технологиям.



Рисунок 5 - Гибриды томата в весенней грунтовой пленочной теплице

В испытании участвовало 11 гибридов томатов различных товарных групп (Рис. 6). Далее растения выращивали согласно принятым технологиям. Выращивание рассады проводилось в отапливаемом рассадном блоке. В качестве субстрата для посева использовали смесь раскисленного верхового и низинного торфа (pH, 6,5-7,0). Весенняя пленочная теплица имела четыре гряды шириной 45 см. Гряда включала в себя две линии посадки, три дорожки (разделительные каналы между грядками) для облегчения проведения операций по обслуживанию

растений шириной 90 см.. Применялась система капельного орошения. Формирование растения в единый стебель путем регулярного пасынкования.



**T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-Мангусто F<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>**

**Рисунок 6 - Гибриды томатов различных групп спелости в теплице (грунт)**

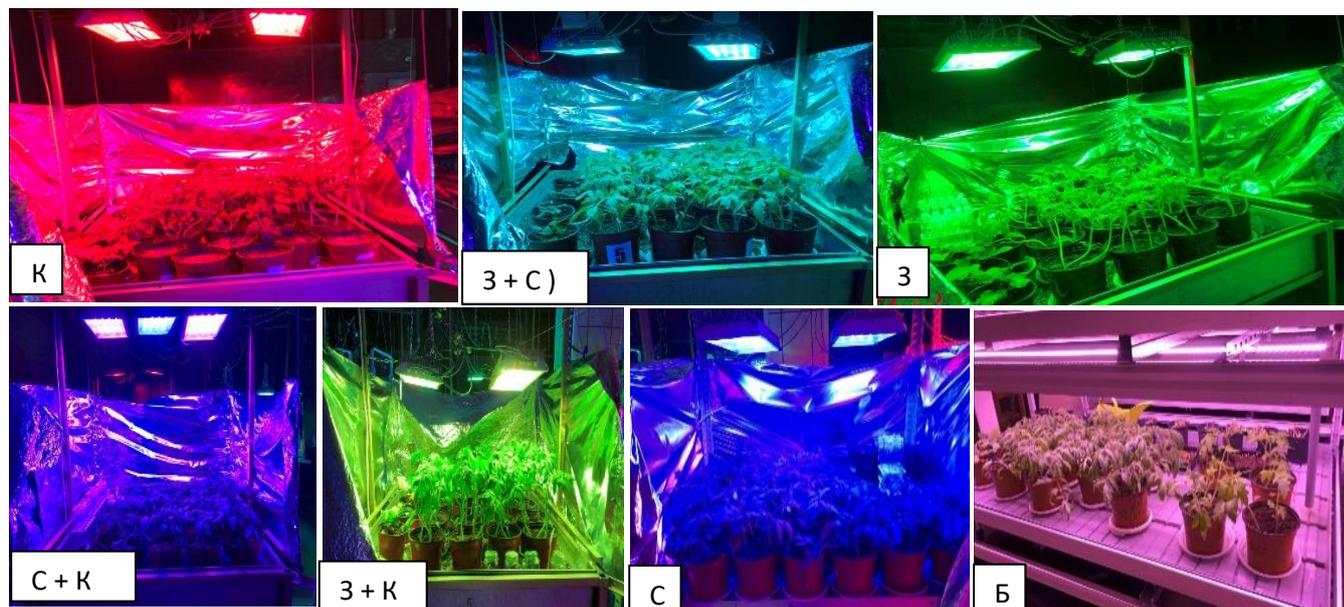
Растения томата формировали в один стебель, еженедельно проводили подкручивание, удаление пасынков, при формировании первой кисти регулярно удаляли нижние листья. Для лучшего завязывания плодов в теплице использовали шмелей. Опыт проведен в 4-х кратной повторности. Размещение вариантов было проведено методом полностью рендомизированных блоков (RCBD). Проводили учет урожайности гибридов путем сбора и взвешивания плодов 2-3 раза в неделю по повторностям, разделяя плоды на стандарт и нестандарт.

В группу «нестандарт» относили плоды с механическими повреждениями и симптомами болезней, а также значительно отличающиеся по массе – недогон. Эти плоды не учитывали при расчете массы 1 плода «стандарт».

**Опыт 2. Влияние светодиодного освещения на рост и развитие рассады гибридов томатов разных групп спелости в условиях интенсивного культивирования при искусственном освещении.**

Растения выращивали в условиях Фитотрона в вегетационных сосудах объемом 2 литра с использованием субстрата на основе нейтрализованного верхнего торфа. Влажность субстрата поддерживалась на уровне 70% от полной влагоемкости.

В опыте использовали 4 гибрида томата: Капитан F<sub>1</sub>, Рафинад F<sub>1</sub>, Коралловый риф F<sub>1</sub> и Огонь F<sub>1</sub>. Повторность в опыте четырехкратная. Каждый вариант включал 16 сосудов (рис. 7).



(К) Квазимонохроматический красный, (З+С) зеленый +синий, (З) Квазимонохроматический зеленый (С+К)синий + красный, (З+К) зеленый+красный, (С) Квазимонохроматический синий и (Б) белый

Рисунок 8 - Рассада томатов при искусственном освещении СД-облучателей разных типов

### Опыт 3. Усовершенствование технологии выращивания томата на МВТУ «Фитопирамида» для использования в светокультуре.

Растения в опыте выращивались на МВТУ «Фитопирамида» с применением и без применения искусственного освещения (рис. 8 и 9). В опыте использованы гибриды томата Розанна F<sub>1</sub> и Пламенный F<sub>1</sub>, два крупноплодных, детерминантного типа роста, отличающиеся по массе, окраске плода и скороспелости. Растения томата формировали в один стебель, еженедельно проводили подкручивание, удаление пасынков, при формировании первой кисти регулярно удаляли нижние листья.



Рисунок 9 - Установка (Фитопирамида) / искусственное освещение

Использовали два типа ламп, сверху натриевые лампы высокого давления (НЛВД). Внутри ценоза находились трубчатые протяженные СД-облучатели (Синий+красный). Температура воздуха на уровне 22°C днем и 18°C ночью, влажность воздуха была 60–65%.



Пламенный F<sub>1</sub> / естественное освещение      Розанна F<sub>1</sub> / естественное освещение



Пламенный F<sub>1</sub> /искусственное освещение    Розанна F<sub>1</sub> /искусственное освещение

**Рисунок 10 - Гибриды томатов в «Фитопирамида» при естественном и искусственном освещении**

**2.3 Методы описания, оценки и учета растений (сортоиспытание).**

Технологические сроки. Посев семян Фитопирамида / теплица произвели (сезон 1) 15.04.2020. Семена высевали в перфорированные стаканчики-контейнеры, которые впоследствии переставляли в отверстия труб стеллажной установки (посадка). Посадка растений на постоянное место произведена 07.05.2020 в фазе 2-3 настоящих листьев в горшках объемом 0,8 литр с открытой корневой системой в гидропонную систему. Плотность посадки на 5 ярусах - 16,2 растения/м<sup>2</sup>, расстояния между растениями 22 см в трубе, высота первого ряда составляет 0,5 м, а расстояние между ярусами составляет 35-40 см. Посев семян произвели (сезон 2) 13.04.2021. Посадка растений на постоянное место произведена 05.05.2021. Начало сбора плодов (сезон 1) 01.07.2020. Начало сбора плодов (сезон 2) 05.07.2021. Формировали растения на 3–4 кисти с удалением точки роста.

Посев семян Фитопирамида /искусственное освещение произвели 1.12.2022. Семена высевали в перфорированные стаканчики-контейнеры, которые впоследствии переставляли в отверстия труб стеллажной установки (посадка). Посадка растений на постоянное место произведена 20.12.2022 в фазе 2-3 настоящих листьев в горшках объемом 0,8 литр с открытой корневой системой. Начало сбора плодов 18.02.2023. Формировали растения на 3–4 кисти с удалением точки роста.

## 2.4 Схемы опытов исследований

Схема основных частей исследования включает (рис. 11):

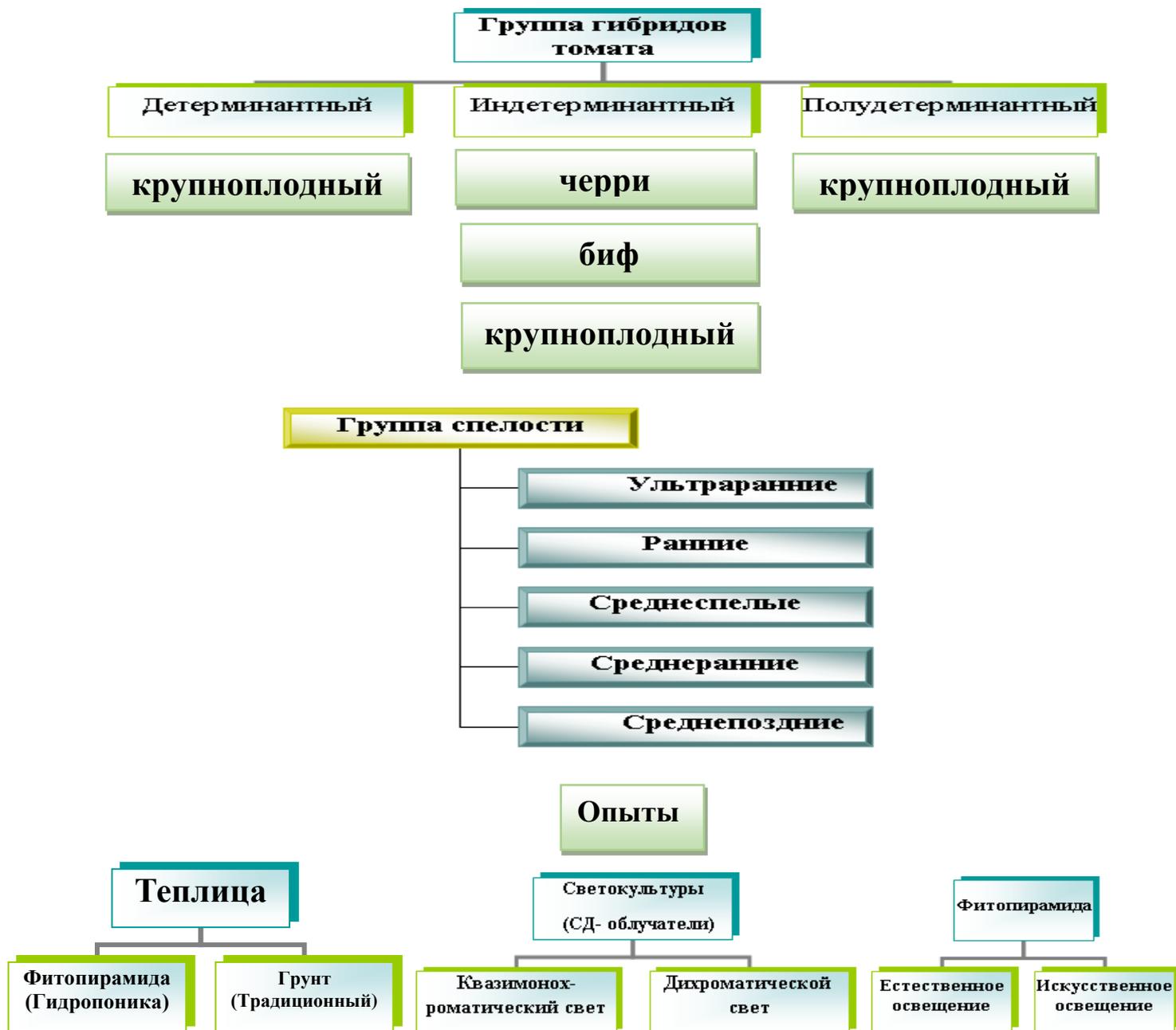


Рисунок 11 - Схемы опытов исследований

**Опыт 1. Сравнительная оценка гибридов томатов различных товарных групп и групп спелости в условиях теплицы «Фитопирамида», оборудованной многоярусной вегетационной трубной установки и в весенней пленочной теплице.**

№	Сорт/гибрид	Группа спелости (по описанию)
	Группа индетерминантных - биф	
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	с-ран
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	с-ран
	Группа индетерминантных - черри	
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	ран
T5	Эльф F <sub>1</sub>	ран
	Группа индетерминантных крупноплодных	
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п
T10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п
	Индетерминантный крупноплодный кистевой	
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п
	Группа детерминантных ультраранних крупноплодных	
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран
	Полудетерминантный крупноплодный	
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран

**Опыт 2. Влияние светодиодного освещения на рост и развитие рассады гибридов томатов разных групп спелости в условиях интенсивного культивирования при искусственном освещении.**

В эксперименте было использовано 7 вариантов освещения для растений (Рис.11) [(Прикупец и др., 2019); (Прикупец и др., 2018)]:

1- Квазимонохроматический красный (плотность потока фотонов 80 мкмоль/м<sup>2</sup>×с) с длиной волны  $\lambda_{\max} = 660$  нм.

2. Зеленый + синий (плотность потока фотонов  $160 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$ ) с длиной волны  $\lambda_{\text{max}} = 520 \text{ нм}$  и  $\lambda_{\text{max}} = 460 \text{ нм}$  в соотношении 1:1.

3. Квазимонохроматический зеленый (плотность потока фотонов  $80 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$ ) с длиной волны  $\lambda_{\text{max}} = 520 \text{ нм}$ .

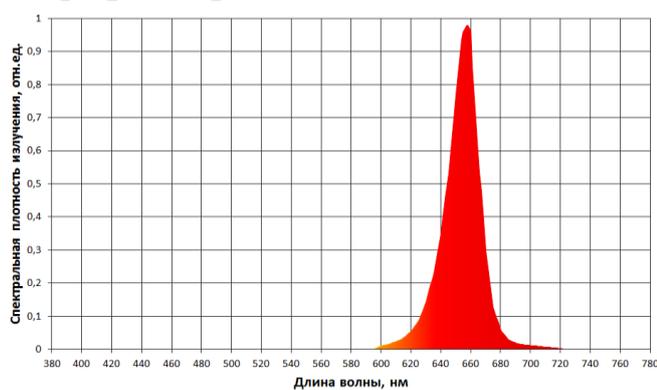
4. Синий+ красный (плотность потока фотонов  $160 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$ ) с длиной волны  $\lambda_{\text{max}} = 460 \text{ нм}$  и  $\lambda_{\text{max}} = 660 \text{ нм}$  в соотношении 1:1.

5. Зеленый+красный (плотность потока фотонов  $160 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$ ) с длиной волны  $\lambda_{\text{max}} = 520 \text{ нм}$  и  $\lambda_{\text{max}} = 660 \text{ нм}$  в соотношении 1: 1.

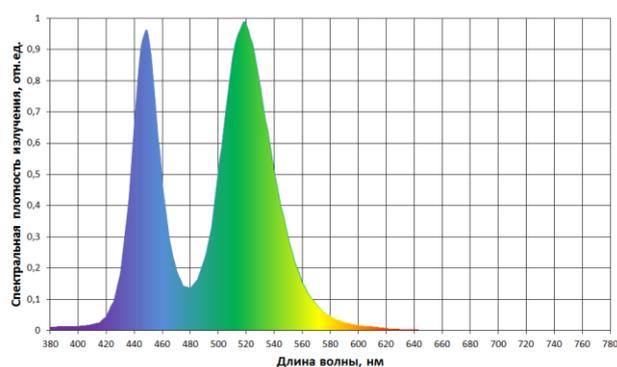
6. Квазимонохроматический синий (плотность потока фотонов  $80 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$ ) с длиной волны  $\lambda_{\text{max}} = 460 \text{ нм}$ .

7. Белый (плотность потока фотонов  $80 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$ ). Цветовая температура -  $5000\text{K}$ . Фотопериод 18 часов.

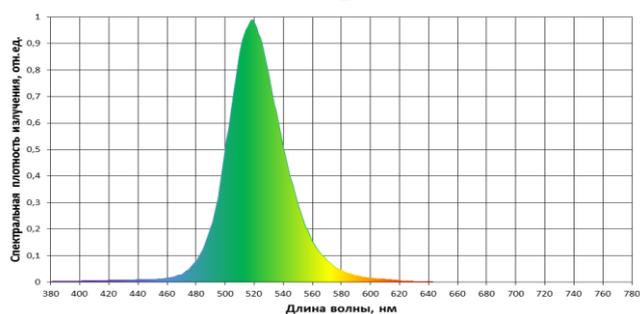
Четыре гибрида томатов: Капитан F<sub>1</sub> (у-ран), Рафинад F<sub>1</sub> (ран), Коралловый риф F1 (ср), Огонь F1 (с-п) .



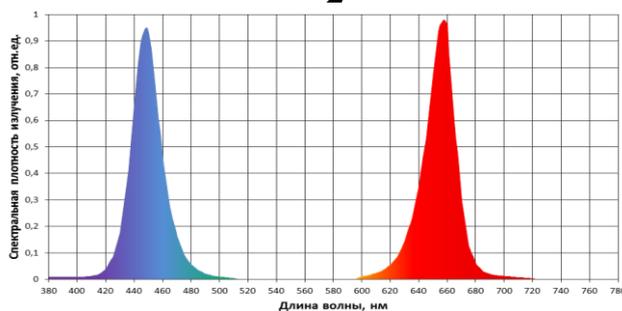
1



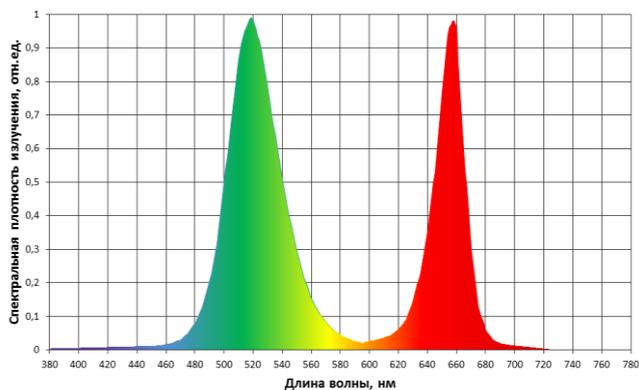
2



3

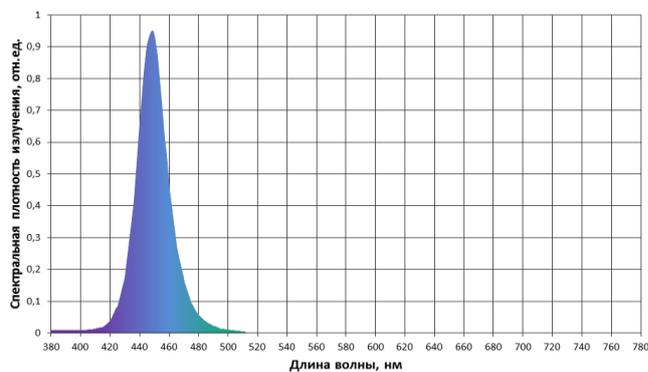


4

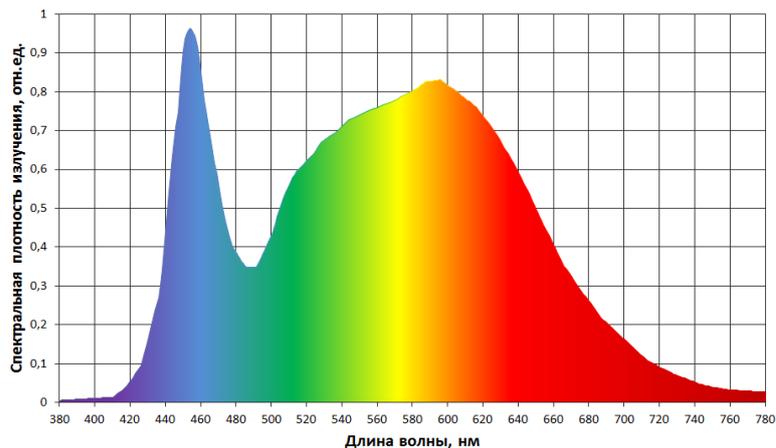


5

50



6



7

Рисунок 12- Спектры светодиодных облучателей, используемых в работе.

### Опыт 3. Усовершенствование технологии выращивания томата на МВТУ «Фитопирамида» для использования в светокультуре.

Растения в опыте выращивались на МВТУ «Фитопирамида» с применением и без применения искусственного освещения.

Использовали два типа ламп:

- 1- Натриевые лампы высокого давления (НЛВД) 600 Вт, ДНаЗ/ REFLUX (облученность ФАР 250 мкмоль /м<sup>2</sup>\*с ).
- 2- Светодиодные(СД)-облучатели (Синий+красный) (плотность потока фотонов 80 мкмоль/м<sup>2</sup>\*с) с длиной волны  $\lambda_{\max}$ = 460 нм и 660 нм в соотношении 1:9.

Фотопериод 18ч в сутки .

В опыте использованы гибриды томата Розанна F<sub>1</sub> и Пламенный F<sub>1</sub>.

## 2.5 Методика исследования

Помимо исследований с растениями томата были выбраны два фактора – технологии: теплица с поликарбонатным покрытием, оборудованная МВТУ «Фитопирамида» и возделывание в грунтовой теплице с плёночным покрытием.

**Опыт 1. Сравнительная оценка гибридов томатов различных товарных групп и групп спелости в условиях теплицы «Фитопирамида», оборудованной многоярусной вегетационной трубной установки и в весенней пленочной теплице.**

Сравнительное испытание 11 гибридов различных товарных групп в условиях теплицы с МВТУ «Фитопирамида» и в грунтовой плёночной теплице. Выявление максимально приспособленных к технологии «Фитопирамида». В ходе экспериментального изучения проводили фенологические и биометрические наблюдения, поделяночный учет урожайности. При этом проведенные наблюдения включали:

1. Посевные качества семян: энергия прорастания (%), всхожесть (%).
2. Фенологические наблюдения: срок появления 1 кисти, (всходы-появления) сут., дата начала цветения (всходы-цветения) сут., завязывания каждого плода на 1 кисти (всходы-завязывания) сут., созревания (всходы-созревание), сут..
3. Биометрические наблюдения: измеряли высоту растения на уровне формирования 1 кисти, число листьев до формирования 1 кисти.
4. Оценивали общую урожайность, товарность, качество и массу плодов согласно методическим указаниям (Методические указания по селекции, 1983, 1986).
5. Качество урожая детерминантных гибридов томата:
  - 5.1. Товарность урожая, (%): Оценка товарности проводилась в соответствии с (ГОСТ 34298-2017) «Томаты свежие. Технические условия». Для характеристики данного показателя определялась массовая доля плодов с

дефектами формы, развития, окраски, механическими повреждениями, допускаемыми для каждого из товарных сортов. В группу «нестандарт» также относили плоды с симптомами болезней и значительно отличающиеся по массе – «недогон». Эти плоды не учитывали при расчете массы одного плода «стандарт» и «урожайность стандартная».

5.2. Дегустационный оценка (баллы): группа дегустаторов, состоящая из 8 человек, оценивали плоды по 6 различным признакам, указанным в дегустационных листах, средние показатели для каждого гибрида по признаку «вкус» в баллах (1-5, где 5-наиболее высокая оценка по вкусу). Дегустация проведена согласно «Методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск четвертый. Картофель, овощные и бахчевые культуры, Москва, 2015.

5.4. Определение твёрдости плодов томата (единицы) на приборе (Digital Firmness Tester (Agrosta®100 field).

5.5. Содержание сухих растворимых веществ в плодах томата (%): (рефрактометр).

Учеты и наблюдения включали определение динамики роста и развития растений, урожайность, товарность урожая, качество плодов и структуры урожайности. Проводилось сравнение показателей каждого гибрида при выращивании на гидропонной установке и в грунтовой пленочной теплице. Статистический анализ данных проводился с использованием программы статистического анализа Microsoft EXCEL, SPSS.

## **Опыт 2. Влияние светодиодного освещения на рост и развитие рассады гибридов томатов разных групп спелости в условиях интенсивного культивирования при искусственном освещении.**

Изучали влияние оптимального светового режима, на четырех отобранных гибридах в условиях Фитотрона (камера роста). В работе определялись следующие показатели: фенологические наблюдения, а также различные биометрические измерения.

1. Оценка функционального состояния (фотосинтез, транспирация, устьичная проводимость (LI-6400XT Портативная система фотосинтеза), динамика ростовых процессов – накопление биомассы, развитие листового аппарата).
2. Интенсивность фотосинтеза определяли на инфракрасном газоанализаторе LI-COR 6400RX (США). Измерения проводили на интактных листьях с использованием камеры-прищепки.
3. Чистая продуктивность фотосинтеза - по формуле Кидда, Веста и Бриггса.
4. Содержание хлорофиллов листьев (SPAD).
5. Площадь листовой поверхности ( $\text{см}^2$ ); определяли на фотопланиметре (LI-3100, Li-Cor, Небраска, США).
6. Сырую массу растений определяли на электронных весах марки HL-100 с точностью 0,01 г.
7. Сухую биомассу определяли, высушивая образцы в сушильном шкафу при  $65^{\circ}\text{C}$  до постоянного веса.

Учитывали морфологические и биометрические показатели растений, содержание хлорофилла, интенсивность фотосинтеза. Проводили учет сухой и сырой биомассы на 24, 31 и 39 сутки после появления всходов. Статистический анализ данных проводился с использованием программы статистического анализа Microsoft EXCEL, SPSS.

### **Опыт 3. Усовершенствование технологии выращивания томата на МВТУ «Фитопирамида» для использования в светокультуре.**

Данный опыт позволил изучить улучшение освещение растений томата внутри ценоза растений, так как густота стояния растений на  $1 \text{ м}^2$  в «Фитопирамиде» составляет 16,2, что почти в четыре раза выше, чем в современных тепличных комбинатах, а также удлинение периода возделывания на МВТУ за счёт увеличения продолжительности использования весной и осенью, получения 2- 3-х. урожаев за сезон при незначительных затратах на дополнительное освещение и подогрев. Кроме этого существует уже и использование «Фитопирамиды» в светонепрозрачных помещениях.

Изучали реакцию 2 гибридов на «Фитопирамиде» при искусственном освещении. Выявление максимально приспособленных к технологии «Фитопирамида» гибридов в условиях фитотрона (камера роста).

Учитывали морфологические и биометрические показатели растений, проводили фенологические наблюдения, учеты урожайности и товарности, оценку качества урожая. Статистический анализ данных проводился с использованием программы статистического анализа Microsoft EXCEL, SPSS.

Для соблюдения единообразия исследования в расчётах экономического обоснования при проведении опытов учитывали: при возделывании в теплице «Фитопирамида» вегетационный период 3 месяца, период сбора плодов 2 месяца; при возделывании в плёночной грунтовой теплице также вегетационный период 3 месяца, период сбора плодов 2 месяца, хотя в реальности он длиннее в два раза и более; в качестве объекта исследований во всех трёх технологиях использовались гибриды пригодные к условиям МВТУ, хотя по факту в плёночных весенних теплицах используются гибриды томата с другими хозяйственно-ценными признаками.

## **2.6 Характеристика исследуемых гибридов:**

**Капитан F<sub>1</sub>** – Ультраранний. От появления всходов до получения урожая проходит меньше 3 месяцев. Кусты низкие, достигают 60—70 см, но в теплице удастся вырастить более высокие кусты (до 1 м). На главном стебле формируется по 4-6 плодов, масса каждого около 130 г. Урожайность средняя, около 17 кг с 1 м<sup>2</sup>. Характеристика томата Капитан F<sub>1</sub>: особо отмечается устойчивость к грибковым заболеваниям, которые поражают посадки томатов во второй половине лета. Основной урожай ранних овощей к этому времени удастся собрать, но и завершающие плоды оказываются устойчивыми к фитофторозу и вершинной гнили. Гибрид имеет иммунитет к вирусу табачной мозаики. Вкус плодов отличается повышенной сладостью с легкой кислинкой (сахаристость около 3%). Аромат классический, томатный, ярко выраженный. Отзывы свидетельствуют, что вкусовые достоинства не страдают даже в холодное и дождливое лето.

**Волшебная арфа F<sub>1</sub>** - Высокоурожайный индетерминантный среднеранний, гибрид для защищенного грунта. Период от всходов до начала созревания плодов 100-105 дней. Диаметр плодов колеблется от 3 до 5 см. Они окрашены в оранжевый цвет. Вес каждого плода от 20 до 25 г. На кисти вырастает от 15 до 18 плодов. Устойчив к ВТМ, фузариозному увяданию, кладоспориозу, стрессовым условиям.

Требует формирования и подвязки, блестящий, плотный, сладкий. Пригоден для уборки целыми кистями. Рекомендуется для употребления в свежем виде и для цельноплодного консервирования. Плоды формируются на растении высотой 180-200 см. Формирование производится устранением лишних пасынков. Для того чтобы ветви растения не опустились под весом плодов, их подвязывают к опорам.

**Коралловый риф F<sub>1</sub>** - Раннеспелый. От посева до сбора первых зрелых плодов проходит 90-95 суток. Получение среднего урожая (до 18-19 кг с 1 м<sup>2</sup>). Коралловый риф устойчив к грибковым заболеваниям. Даже в холодное лето плоды не страдают от поражения фитофторозом. Характеристика сорта отмечает резистентность к фузариозному увяданию, альтернариозу. Плоды массой по 300-320 г. Растут кистями по 4-6 плодов в каждой. Урожайность может достигать 20 кг с квадратного метра. Период посева, февраль март. Период сбора урожая (июль-сентябрь). Период цветения (июнь). Высота растения макс. (200-400 см).

Томаты относятся к разновидности биф-томатов, они имеют крупные (более 250 г) и мясистые плоды. Характерная для современных гибридов многогнездность каждой кисти с 5-6 плодами обеспечивает высокую урожайность Кораллового рифа. Высокая и стабильная урожайность; устойчивость к стрессовым условиям и заболеваниям; отличные вкусовые качества плодов универсальность использования.

**Алая Каравелла F<sub>1</sub>** - Среднеспелый гибрид. Для защищённого грунта. От всходов до начала созревания плодов 110 дней. Растение высокорослое, нуждается в подвязке, формирует плотные красивые кисти по 8-11 плодов. Плоды слегка овальной формы, плотные, ярко-красные, массой 130 г. Не трескаются, не осыпаются. Устойчивость к условиям среды и болезням (устойчив к кладоспориозу, ВТМ).

**Эльф F<sub>1</sub>** - Раннеспелый гибрид. Период сбора урожая июль-сентябрь Период цветения июнь. Период от всходов до начала плодоношения 90-95 дней. Растение индетерминантного типа роста, междоузлия средней длины. Масса 15-20 г. Плоды темно-красной окраски, округлые или слегка овальные, гладкие. Очень однородные по размеру и форме, собраны в простые, плотные, красивые кисти по 14-16 плодов устойчивых к растрескиванию и осыпанию. Гибрид устойчив к ВТМ, фузариозному увяданию, кладоспориозу. Пригоден для возделывания во всех оборотах, по малообъемной технологии, на грунтах. Плоды транспортабельные, десертного вкуса. Универсальное использование.

**Маргарита Блюз F<sub>1</sub>** - Раннеспелый гибрид для выращивания в плёночных теплицах и под плёночными укрытиями. Период от всходов до начала плодоношения 95-100 дней. Растение индетерминантное, мощное, хорошо облиственное, до 2 м, требует подвязки и формирования. Плоды округлой формы, плотные, собраны в компактные кисти по 4-6 штук, одинаковые по форме и размеру, красного цвета. Масса плода – 190-210 г. Хороши для консервирования и в свежем виде. Устойчив к стрессовым условиям выращивания, высоким температурам, к болезням увядания, вирусам, бурой листовой пятнистости. Крупноплодный. Отличное качество плода. Высокая товарность и транспортабельность.

**Донской F<sub>1</sub>** - Раннеспелый. Вегетационный период от появления петелек до сбора первых плодов составляет 90 дней. Масса плодов до 170 грамм. Созревают плоды спустя 110-120 дней со дня появления первых всходов.

Детерминантный куст в высоту достигает 60 см. Яркие зеленые листья имеют средний размер. Плоды легко снимаются, устойчивы к транспортировке.

**Афродита F<sub>1</sub>** - Раннеспелый. От высадки рассады до сбора первых плодов проходит от 80 до 100 дней. Кисти состоят из 4-6 плодов. Каждый из плодов имеет вес не менее 100 г, и 3 семенные камеры. Важным отличием гибрида является отсутствие у зрелого плода желто-зеленого пятна у плодоножки. Томат отличается высоким иммунитетом против различных заболеваний и вредителей. Урожайность высокая, с квадратного метра в открытом грунте можно получить до 17 кг плодов

отличного качества, в теплице этот показатель немного ниже. Устойчивость сорта к растрескиванию перезревших плодов.

Афродиту относят к раннеспелым гибридам. Сам штабб средней высоты. Максимально может достигать полтора метра в высоту. Плоды имеют в зрелом виде ярко-красный окрас.

**Мангусто F<sub>1</sub>** - Раннеспелый гибрид для пленочных теплиц. Период от всходов до начала плодоношения 95-100 дней. Растение полудетерминантное, высотой 120-150 см. Требуется подвязки и формирования. Плод округлый, ярко-красный, плотный, с насыщенным кисло-сладким вкусом и ярким томатным ароматом, массой 200-230 г, салатный. Отлично завязывает плоды в стрессовых условиях. Устойчив к болезням увядания, вирусам, кладоспориозу.

**Огонь F<sub>1</sub>** - Созревание томата, как правило, среднепозднее. Весьма высокая урожайность томата. Длинный стебель до 1.8 м, требующий формирования и подвязки. Формирует кисть по 7-8 штук плодов. Масса 150 г, длина может достигать до 15 см. Хорошо переносит ВТМ и вертициллез. Данный гибрид обладает хорошим иммунитетом к болезнетворным бактериям и насекомым. Растения гибрида обладают устойчивостью, быстро адаптируются к климатическим изменениям. Плоды довольно компактные, поэтому отлично подходит для консервирования. Томат получил такое название из-за внешней схожести плодов с язычками пламени. Плоды данного сорта обладают большой плотностью. Форма у них овальная, а кончик слегка заостренный. Плод содержит в себе небольшое количество семян, оттенок окраса может варьироваться от ярко-оранжевого до насыщенно-красного, в зависимости от степени созревания. На плодах можно увидеть небольшие длинные прожилки, которые протягиваются вдоль всего плода, и покрывают его очень тонкой сеткой. Сама кожица не является слишком жесткой, текстура плотная.

**Румяный шар F<sub>1</sub>** - Среднеспелый гибрид для выращивания в плёночных теплицах и под плёночными укрытиями. Период от всходов до начала созревания 110-115 дней. Растение индетерминантное, высотой до 190 см. Плод округлой и плоскоокруглой формы, плотный, слаборебристый, ярко-красной окраски с

глянцевым блеском. Масса плода - 250-300 г. Устойчив к стрессовым условиям выращивания, к болезням увядания, вирусам, бурой листовой пятнистости. Транспортабельный. Для свежего потребления. Тип куста Индетерминантный. Сбор урожая: июль - сентябрь.

**Рафинад F<sub>1</sub>** - Биф томат. Среднеспелый гибрид для выращивания в плёночных теплицах и под плёночными укрытиями. Период от всходов до начала созревания 110-115 дней. Растение индетерминантное, высотой до 200 см, хорошо облиственное, плоды собраны в простую компактную кисть по 4-6 штук. Плод округлой формы, плотный, слаборебристый, красной окраски с глянцевым блеском. Масса плода - 250-300 г (до 400 г). Отличный вкус и аромат. Для свежего потребления. Устойчив к стрессовым условиям выращивания, к болезням увядания, вирусам, бурой листовой пятнистости.

**Розанна F<sub>1</sub>** - Раннеспелый крупноплодный гибрид, при созревании плоды не растрескиваются. Для открытого грунта и пленочных теплиц. Период от всходов до плодоношения 95-100 дней. Требуется подвязки и формирования. Плоды розовой окраски, округлой формы, массой 140-180 г (до 200 г), не растрескиваются на растении. Гибрид устойчив к ВТМ, альтернариозной пятнистости листьев, фузариозному увяданию. Использование универсальное.

**Пламенный F<sub>1</sub>** - Раннеспелый гибрид для открытого и защищенного грунта. Период от всходов до начала созревания 95-98 дней. Растение детерминантного типа, компактное, высотой 70-90 см. В кисти формируется от 3 до 5 округлых, гладких, глянцевых, плотных плодов, ярко красной окраски, массой 150-180 г, обладающих хорошей лежкостью и транспортабельностью, способных формировать «носик». Плоды используют для потребления в свежем виде, переработки на томатопродукты и для приготовления сока. Гибрид отличается дружным созреванием, устойчивостью к ВТМ, фузариозу и альтернариозу. Растения нуждаются в подвязывании в основном перед плодоношением. Ключевое условие успешного созревания – отсутствие затенения и соответствующее количество солнечного света. Показатели урожайности обычно высокие – около

12-16 кг/м<sup>2</sup>. Плоды, достигающие в различных условиях выращивания 140-200-граммовой массы, не склонны к растрескиванию .

## 2.7 Агрометеорологические условия в годы проведения исследований

Климат **Московской области** — влажный умеренно континентальный, с сильным влиянием атлантического морского, с чётко выраженной сезонностью.

**Таблица 1** – Метеорологические данные периода вегетации, 2020 год

Показатели	Месяцы и декады														
	Май			Июнь			Июль			август			сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха, °С	11,4	20,5	21,2	19,2	21,5	21,9	22	22,8	21,6	20,8	19,9	18,2	15,1	11,9	10,3
Осадки, мм	17,0	2,0	2,8	1,4	13,1	11,5	2,0	1,4	5,1	26,5	2,5	4,0	10,5	13,5	31,5
Влажность воздуха, %	75,1	61,9	60,2	58,4	55,1	53,0	53,1	53,6	55,2	62,8	61,7	66,0	70,9	71,3	75,7

Метеорологические условия 2020 года (Таблица 1) складывались так, что весна была жаркой и засушливой. Средняя температура в мае (17,7 °С) была значительно выше среднегодовой (11,7°С). Осадков в мае выпало значительно ниже уровня среднегодового значения. Среднесуточная температура июня 20,9 °С была выше среднегодовой (15,4°С). Осадков выпало мало (23,0 мм), что в данных условиях было неблагоприятно для формирования корнеплодов и развития семенных растений на начальном этапе роста. Июль был жарким и сухим. Август был жаркий (среднесуточная температура 19,6 °С), осадков было мало (30,0 мм). В сентябре стояла теплая и сухая погода.

**Таблица 2** – Метеорологические данные периода вегетации, 2021 год

Показатели	Месяцы и декады														
	Май			июнь			Июль			август			Сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха, °С	14,3	13,1	11,5	17,0	21,3	19,9	21,5	19,2	18,8	19,7	16,8	18,8	17,2	12,4	8,3
Осадки, мм	39,5	36,5	101,2	103,3	75,8	14	71,8	50,5	33,5	13	18,8	59	40,3	28,5	54
Влажность воздуха, %	63,8	75,1	76,2	79,1	69,9	61,2	72,7	69,6	59,9	61,3	60,7	63,8	69,1	72,3	76,2

Метеорологические условия 2021 года (Таблица 2) были таковы, что весна была умеренно теплой и влажной. Средняя температура в мае (13,1°С) была на уровне

среднегодовой (11,7°C). Среднесуточная температура июня 19,4°C была выше среднегодовой (15,4°C). Июль был теплым: в первой декаде июля среднесуточная температура воздуха составила 21,5°C, во второй декаде – 19,2°C, а в третьей – 18,8°C. В целом, за годы исследований погодные условия были близки к средним многолетним с небольшим превышением температурного фона .

Связь влияния температуры окружающей среды на температурные условия внутри Фитопирамиды представлена рисунками (Приложение 4). В целом, достаточно хорошо видно, что температура внутри помещения, где располагалась Фитопирамида, была выше, чем температура окружающей среды, вне помещения.

**Таблица 3-** Месячные и годовые суммы суммарной солнечной радиации, кВт\*ч/м<sup>2</sup> (среднее за 2020 – 2021 гг.)

Москва, широта 55,7	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Горизонтальная панель	16,4	34,6	79,4	111,2	<b>161,4</b>	<b>166,7</b>	<b>166,3</b>	<b>130,1</b>	82,9	41,4	18,6	11,7	1020,7
Вертикальная панель	21,3	57,9	104,9	93,5	<b>108,2</b>	<b>100,8</b>	<b>108,8</b>	<b>103,6</b>	86,5	58,1	38,7	25,8	908,3
Наклон панели — 40,0°	20,6	53,0	108,4	127,6	<b>166,3</b>	<b>163,0</b>	<b>167,7</b>	<b>145,0</b>	104,6	60,7	34,8	22,0	1173,7

Жирным шрифтом в Таблице 3, выделены месяцы: выращивания рассады, вегетационного периода и сбора плодов.

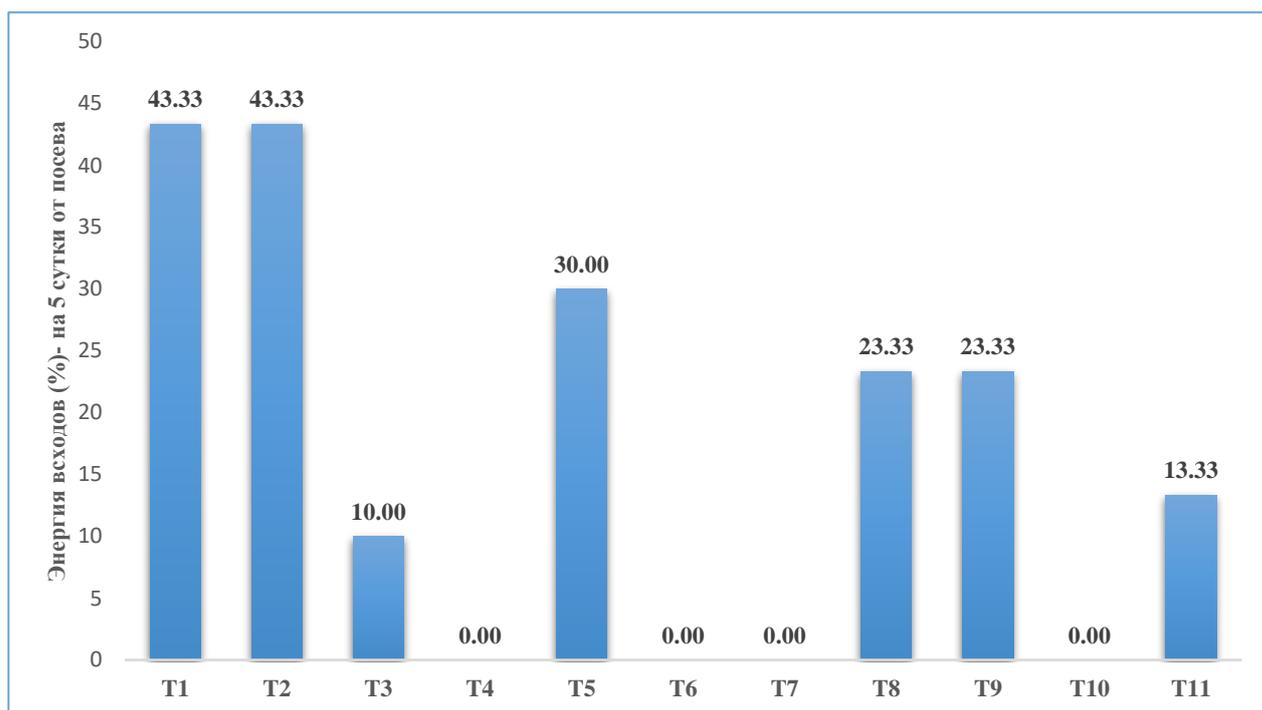
## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ГИБРИДОВ ТОМАТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТОВАРНЫХ ГРУПП И ГРУПП СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОНИКИ (МВТУ ФИТОПИРАМИДА) И В ВЕСЕННЕЙ ПЛЕНОЧНОЙ ТЕПЛИЦЕ

### 3.1. Оценка гибридов томата, выращенных на установке «Фитопирамида»

#### 3.1.1 Посевные качества семян гибридов томатов

##### 3.1.1.1 Энергия прорастания (%) у гибридов томата на 5 сутки от посева

Оценивался показатель «энергия прорастания» (%) на 5 сутки (Рис.12). Полученные результаты свидетельствуют о том, что наблюдается значительный эффект влияния вариантов гибридов томатов. Наиболее высокие показатели были у гибридов Волшебная арфа F<sub>1</sub>(ран) (Т2) и Капитан F<sub>1</sub>(у-ран) (Т1), который составил (43,33%). Самая низкая энергия прорастания была отмечена у гибрида Алая каравелла F<sub>1</sub> (с-п) (Т4), Маргарита блюз F<sub>1</sub>(с-п) (Т6), Донской F<sub>1</sub> (у-ран) (Т7) и Огонь F<sub>1</sub>(с-п) – (0 %) (Т10).



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>

Рисунок 13 - Энергия прорастания (%) на 5 сутки от посева гибридов томата выращенных на установке «Фитопирамида», в 2021 г.

Энергия прорастания важный показатель качества семян и одна из селекционных характеристик гибрида, позволяющий прогнозировать успешный рост и развитие растений и выгоду их экономического производства. На процесс прорастания влияют экологические, физиологические и генетические факторы, такие как срок хранения, температура хранения, качество семян, степень обработки семян от болезней, содержание влаги в семенах, генетическая изменчивость семян, механические повреждения и чистота семян (Аль-Рукаби и др., 2021). Наиболее стабильную и высокую энергию прорастания показала группа гибридов типа черри. Можно предположить, что большую жизнеспособность семян гибридов типа черри обуславливает их близость к диким сородичам, которые, как правило, имеют больший жизненный потенциал, чем глубоко окультуренные генотипы. В каждой из групп крупноплодных гибридов встречались образцы с показателями 0-10%. Четкой зависимости между группой по скороспелости не прослеживается, хотя наибольшее число образцов с нулевой энергией прорастания приходится на группу средне-позднего срока созревания. Тем не менее, в дальнейших исследованиях все образцы на 10 сутки показали тот или иной процент всхожести. Наблюдалась прямая корреляция между энергией прорастания и всхожестью. Причины такого различия семян по энергии прорастания могут быть самыми различными: возраст семян, качество доработки (калибровка и проч.), инфекционная нагрузка и, наконец, генетические особенности гибридов. Finch-Savage W. E. определил три ключевых признака качества семян, как необходимые для того, чтобы мелкосемянное растение хорошо укоренялось в широком диапазоне условий (Finch-Savage et al., 2010). Семя должно: (I) быстро прорасти; (II) иметь быстрый начальный рост вниз; и (III) иметь высокий потенциал для роста побегов вверх в почве с повышенным сопротивлением.

Хорошие семена дают дружные и выравненные всходы, сокращают время прорастания, ускоряют процесс фотосинтеза, усвоения питательных веществ и раннего производства. Выбор правильных гибридов и качественных семян является одним из важнейших решений производителей. Скорость прорастания,

которая оценивается показателем «энергия прорастания» - это показатель качества семян, от которого во многом зависит успех производства. В настоящее время большинство коммерческих партий семян проходят процедуру праймирования и имеют гарантированно высокую всхожесть. Однако в селекционной работе, где при получении семян используют традиционные методики ферментирования, часто семена обладают весьма различной всхожестью, обусловленной вышеперечисленными причинами, поэтому необходимо перед посадкой выбирать высококачественные гибридные семена и проводить тесты на всхожесть (Аль-Рукаби и др., 2021).

Высокие показатели энергии прорастания показывают, что хороший вегетативный рост и высокую продуктивность можно прогнозировать для ряда образцов, особенно для гибридов типа черри, что указывает на их пригодность для условий теплиц с технологией «Фитопирамида». Лучшие показатели были у гибридов Капитан F<sub>1</sub>(T1) и Волшебная арфа F<sub>1</sub> (T2), а также Эльф F<sub>1</sub>(T5).

### **3.1.1.2 Всхожесть (%) на 10 сутки от посева гибридов томата**

Условия, складывающиеся при прорастании, могут влиять на всхожесть одной и той же партии (Аль-Рукаби и др., 2020). В среднем за два года (табл. 4) наиболее высокий показатель всхожести был у гибрида F<sub>1</sub> Волшебная арфа (T2) и составил (91,29%). Самая низкая всхожесть была отмечена у гибрида F<sub>1</sub> Алая каравелла (T4) – (41,85%).

Таблица 4- Всхожесть на 10 сутки от посева гибридов томата на установке (Фитопирамида) (%) (2020 – 2021 гг.)

№ п/п	Гибрид	Группа спелости (по описанию)	Всхожесть (%) на 10 сутки от посева		Среднее
			2020 г.	2021 г.	
Группа индетерминантных – биф					
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	ср	59,26	76,67	67,96
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	ср	100,00	76,67	88,33
Группа индетерминантных – черри					
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	ран	92,59	90,00	91,30
T5	Эльф F <sub>1</sub>	ран	88,89	73,33	81,11
Группа индетерминантных крупноплодных					
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	77,78	60,00	68,89
T10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	88,89	68,89	78,89
Индетерминантный крупноплодный кистевой					
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п	37,04	46,67	41,85
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных					
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	77,78	96,67	87,22
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	70,37	76,67	73,52
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	81,48	93,33	87,41
Полудетерминантный крупноплодный					
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	100,00	73,33	86,67
НСР <sub>05</sub>			17,12	19,05	-

Сила роста семян, благодаря своему влиянию на появление всходов, напрямую способствует экономическому успеху товарной культуры. Низкая сила роста семян может привести к прямым негативным финансовым последствиям из-за потери площади теплиц и посадочных материалов, увеличения затрат на рабочую силу и снижения качества продукции в результате невыравненности растений (Finch-Savage et al., 2016). Одной из проблем, с которыми сталкиваются

селекционеры и фермеры, является высокая стоимость гибридных семян. Поэтому производителям семян нужно получать семена с высокой всхожестью и энергией прорастания. Представляется важной проблема изучения качества семян, которая обуславливает дальнейший мощный рост и развитие растения, что определяет продуктивность культуры в будущем. Принимая во внимание генетическую составляющую показателя высокой энергии прорастания и всхожести важной задачей для селекционеров является создание скороспелых и интенсивно растущих сортов и гибридов, характеризующихся высокой энергией прорастания семян. Энергия прорастания - это дорожная карта будущего развития растения, указывающая на важность этого признака (Аль-Рукаби и др., 2021). Характеристики «Фитопирамиды» обеспечивают условия среды, которые влияют на морфологию гибридов, поэтому происходит опережение или задержка сроков их прорастания и плодоношения по сравнению с традиционными условиями. Лучшие гибриды по приспособленности в фазе прорастания семян к условиям «Фитопирамиды» – это F<sub>1</sub> Волшебная арфа (Т2) и F<sub>1</sub> Румяный шар (Т11). Как правило, всхожесть партий семян зависит от сорта, от способов доработки, от сроков и условий хранения. Однако условия, создаваемые для прорастания также могут иметь влияние на всхожесть одной и той же партии. С некоторой долей допущения можно заключить, что гибриды Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) и Мангусто F<sub>1</sub> (Т9) показали большую пригодность к условиям Фитопирамиды.

### **3.1.2 Результаты фенологических и биометрических наблюдений**

#### **3.1.2.1 Число листьев до формирования 1 кисти гибридов томата**

Оценивался показатель «число листьев до формирования 1 кисти» в среднем за два года (табл. 5). Полученные результаты свидетельствуют о том, что наблюдается значительный эффект влияния вариантов гибридов томатов. Наиболее высокий показатель был у гибрида Волшебная арфа F<sub>1</sub> (Т2) и составил (10,03 шт.). Самое низкое число листьев было отмечено у гибрида Маргарита блюз F<sub>1</sub> (Т6) (5,99 шт.).

Таблица 5 - Число листьев до формирования 1 кисти гибридов томата на установке (Фитопирамида) (шт.) (2020 – 2021 гг.)

№ п/п	Гибрид	Группа спелости (по описанию)	Число листьев до формирования 1 кисти		Среднее
			г. 2020	г. 2021	
Группа индетерминантных – биф					
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	Ср	6,20	5,83	6,02
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	Ср	6,00	6,83	6,42
Группа индетерминантных – черри					
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	Ран	9,30	10,75	10,03
T5	Эльф F <sub>1</sub>	Ран	8,20	9,83	9,02
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных					
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	6,80	6,25	6,53
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	6,00	6,17	6,08
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	6,80	6,92	6,86
Группа индетерминантных крупноплодных					
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	5,90	6,08	5,99
T10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	6,90	6,58	6,74
Полудетерминантный крупноплодный					
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	7,40	6,83	7,12
Индетерминантный крупноплодный кистевой					
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п	7,40	6,75	7,08
НСР <sub>05</sub>			0,79	0,83	-

На рост томата влияют плотность стебля, количество листьев на стебле и индивидуальный размер листьев (Neuvelink et al., 2004). В производстве томатов регулирование расстояния между растениями является важным способом оптимизации использования света (Feng et al., 2010). Гибриды черри характеризуются обильными листьями, и это связано с особенностями гибрида и генетическим фактором, у них были самыми высокими Волшебная арфа F<sub>1</sub> (T2) и

Эльф F<sub>1</sub> (Т5). Гибрид (Т6) Маргарита Блюз F<sub>1</sub> был самым низким гибридом по количеству листьев до первой кисти. Нас интересует компактный (а не крупный лист), но при этом, чтобы фитосинтетическая активность была высокая. И, соответственно, вид освещения, способствующий этому (Аль-Рукаби и др., 2023).

### 3.1.2.2 Высота растения на уровне формирования 1 кисти (см)

Оценивался показатель высоты растения на уровне формирования 1 кисти (Табл. 6). Полученные результаты свидетельствуют о том, что наблюдается значительный эффект влияния вариантов гибридов томатов. Самая низкая высота растения на уровне формирования 1 кисти была отмечена у гибрида Капитан F<sub>1</sub> (Т1) (41,71 см). Наиболее высокие растения были у гибрида Алая каравелла F<sub>1</sub> (Т4) (64,98 см).

Таблица 6 - Высота растения на уровне формирования 1 кисти гибридов томата (Фитопирамида) (см) (2020 – 2021 гг.)

№ п/п	Гибрид	Группа спелости (по описанию)	Высота растения на уровне формирования 1 кисти (см)		Среднее
			2020 г.	2021 г.	
Группа индетерминантных – биф					
Т3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	ср	65,40	53,08	59,24
Т11	Румяный шар F <sub>1</sub>	ср	55,00	52,58	53,79
Группа индетерминантных – черри					
Т2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	ран	49,50	52,17	50,83
Т5	Эльф F <sub>1</sub>	ран	51,80	48,83	50,32
Группа индетерминантных крупноплодных					
Т6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	50,30	52,58	51,44
Т10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	65,30	53,50	59,40
Индетерминантный крупноплодный кистевой					

T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п	77,70	52,25	64,98
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных					
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	41,00	42,42	41,71
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	48,10	39,83	43,97
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	44,70	39,92	42,31
Полудетерминантный крупноплодный					
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	60,30	50,83	55,57
НСР <sub>05</sub>			4,01	4,51	-

Интенсивное сельское хозяйство сталкивается с проблемами конкуренции между растениями, затенения и распространения болезней при отсутствии надлежащих методов обрезки и управления. Для решения этих проблем требуется оценка подходящих гибридов на соответствующей высоте. Гибрид Алая каравелла F<sub>1</sub> (Т4) имел наиболее высокий показатель высота растения на уровне формирования 1 кисти потому что он относится к группе индетерминантных крупноплодный кистевых. Гибрид Капитан F<sub>1</sub>(Т1) имел самую низкую высоту растения потому что он относится к группе детерминантных ультраранних крупноплодных. Увеличение количества кистей на растении приводит к увеличению высоты растений томатов, а также к увеличению количества и урожайности коммерческих и общих плодов, однако это приводит к уменьшению диаметра стебля и веса коммерческих плодов (Mueller et al., 2009).

Одной из особенностей технологии гидропоники при использовании всех 5 ярусов установки «Фитопирамида» является некоторый дефицит освещенности на нижних ярусах и на внутренних поверхностях установки, что приводит к вытягиванию стеблей растений. Это требует поиска раннеспелых и высокопродуктивных гибридов, адаптированных к этой особенности технологии (Аль-Рукаби и др., 2022). Гибриды томатов детерминантного типа были лучшими потому, что обеспечивали самую низкую высоту растения на уровне образования первой кисти. Это гибрид Капитан F<sub>1</sub>, затем Афродита F<sub>1</sub> и Донской F<sub>1</sub>, которые были лучшими среди этих гибридов, потому что они сочетали в себе

скороспелость, повышенную продуктивность и большинство желательных признаков для этой технологии. Что касается гибридов, у которых повышенная высота растения на уровне образования первой кисти, это гибрид Огонь F<sub>1</sub>, который относится к индетерминантным типам.

Уменьшение высоты растения при правильном формировании сокращает трудозатраты, повышает качество плодов, эффективность в борьбе с болезнями, улучшает распределение света, поглощение питательных веществ растением и сокращает культурный оборот, способствует максимальному использованию энергии роста молодого растения, ухода от разрастания вегетативной части растения и вследствие этого затенения, ухода в развитии от накопления инфекции. Растения формируют на «Фитопирамиде», на уровне 3-4 кистей и после их вызревания и сбора, растения удаляют и заменяют подрощенной рассадой. Одной из стратегий получения высоких урожаев являются короткие культурообороты.

### 3.1.2.3 Срок начала цветения 1 кисти, (всходы-цветения) (сут.)

Оценивался показатель срок начала цветения по результатам 2020-2021 гг. (Табл. 7). Результаты свидетельствуют о том, что наблюдается значительный эффект вариантов гибридов томатов. В среднем за 2 года самым ранним был гибрид Волшебная арфа F<sub>1</sub>(T2) и составил (30,80 сут.). Наиболее высокие показатели по сроку начало цветения были отмечены у гибрида Алая каравелла F<sub>1</sub> (T4) (41,63 сут.).

Таблица 7- Срок начала цветения 1 кисти, (всходы-цветения) сут. у гибридов томата на установке (Фитопирамида) (2020 – 2021 гг.)

№ п/п	Гибрид	Группа спелости (по описанию)	Срок начала цветения		Среднее
			2020 г.	2021 г.	
Группа индетерминантных – биф					
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	Ср	38,20	36,00	37,10
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	Ср	36,00	35,75	35,88
Группа индетерминантных – черри					
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	Ран	29,10	32,50	30,80

T5	Эльф F <sub>1</sub>	Ран	30,00	32,75	31,38
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных					
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	31,10	34,50	32,80
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	35,30	36,00	35,65
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	35,20	34,50	34,85
Группа индетерминантных крупноплодных					
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	35,10	35,50	35,30
T10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	38,00	36,00	37,00
Полудетерминантный крупноплодный					
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	36,10	35,25	35,68
Индетерминантный крупноплодный кистевой					
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п	44,50	38,75	41,63
НСР <sub>05</sub>			1,54	1,50	-

Цветки на кустовом томате ярко-желтые. Дополнительные пазушные соцветия с дихотомическим или полихотомическим ветвлением образуют соцветие (Cheema et al., 2005). Некоторые различия у гибридов томатов в уровнях созревания плодов задерживают дату цветения от остальных других гибридов и эти различия существуют между изученными гибридами по этому количественному признаку (который контролируется по крайней мере двумя парами генов и степень наследования низкая). Факторы окружающей среды играют большую роль в выражении этого признака (Aboutrabi, 2003). Цветение является одним из важных качеств, определяющих будущее общего и раннего производства. Из ранних гибридов томатов, которые соответствуют условиям Фитопирамида, лучшими явились гибриды Волшебная арфа F<sub>1</sub>(T2), Эльф F<sub>1</sub>(T5), а также Капитан F<sub>1</sub> (T1).

#### 3.1.2.4 Срок появления 1 кисти, (всходы-появления) (сут.)

Оценивался показатель срока появления 1 кисти на уровне формирования 1 кисти (Табл. 8). Полученные результаты свидетельствуют о том, что наблюдается значительный эффект влияния вариантов гибридов томатов. Самым ранним гибридом по сроку появления 1 кисти, был Волшебная арфа F<sub>1</sub>(T2) (21,75 сут.). Самым поздним был Алая каравелла F<sub>1</sub> (T4) (32,15 сут.).

Таблица 8- Оценка гибридов томата по показателям «срок появления 1 кисти» на уровне формирования 1 кисти» (сут.) в условиях технологии «Фитопирамида», (2020 – 2021 гг.)

№ п/п	Гибрид	Группа спелости (по описанию)	Срок появления 1 кисти		Среднее
			г. 2020	г. 2021	
Группа индетерминантных – биф					
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	Ср	30,70	26,00	28,35
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	Ср	27,00	26,00	26,50
Группа индетерминантных – черри					
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	Ран	21,50	22,00	21,75
T5	Эльф F <sub>1</sub>	Ран	22,50	22,00	22,25
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных					
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	24,60	24,00	24,30
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	25,50	25,00	25,25
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	26,10	24,00	25,05
Группа индетерминантных крупноплодных					
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	26,10	25,00	25,55
T10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	29,50	27,00	28,25
Полудетерминантный крупноплодный					
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	26,20	25,00	25,60
Индетерминантный крупноплодный кистевой					
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п	35,30	29,00	32,15
НСР <sub>05</sub>			1,43	1,48	-

Этот показатель важен для определения ранней продуктивности и общего объема производства и зависит от характеристики гибрида и его приспособленности к условиям окружающей среды. Что касается срока появления 1 кисти, то гибриды черри Волшебная арфа F<sub>1</sub> (T2) и Эльф F<sub>1</sub> (T5) были самыми ранними среди всех гибридов томатов, в том числе и среди ультраранних типов.

### 3.1.2.5 Срок начала завязывания на 1 кисти (всходы-цветение) сут.

При оценке показателя - срок начала завязывания по результатам 2020-2021 гг. (Табл. 9), было отмечено, что наблюдается значительный эффект вариантов гибридов томатов. В среднем за 2 года самый ранний показатель был у гибрида Волшебная арфа F<sub>1</sub>(T2) и составил (33,88 сут.). Наиболее высокий показатель был отмечен у гибрида Алая каравелла F<sub>1</sub> (T4) (40,75 сут.).

Таблица 9- Срок завязывания на 1 кисти (всходы-завязывания) (сут.) (2020 – 2021 гг.)

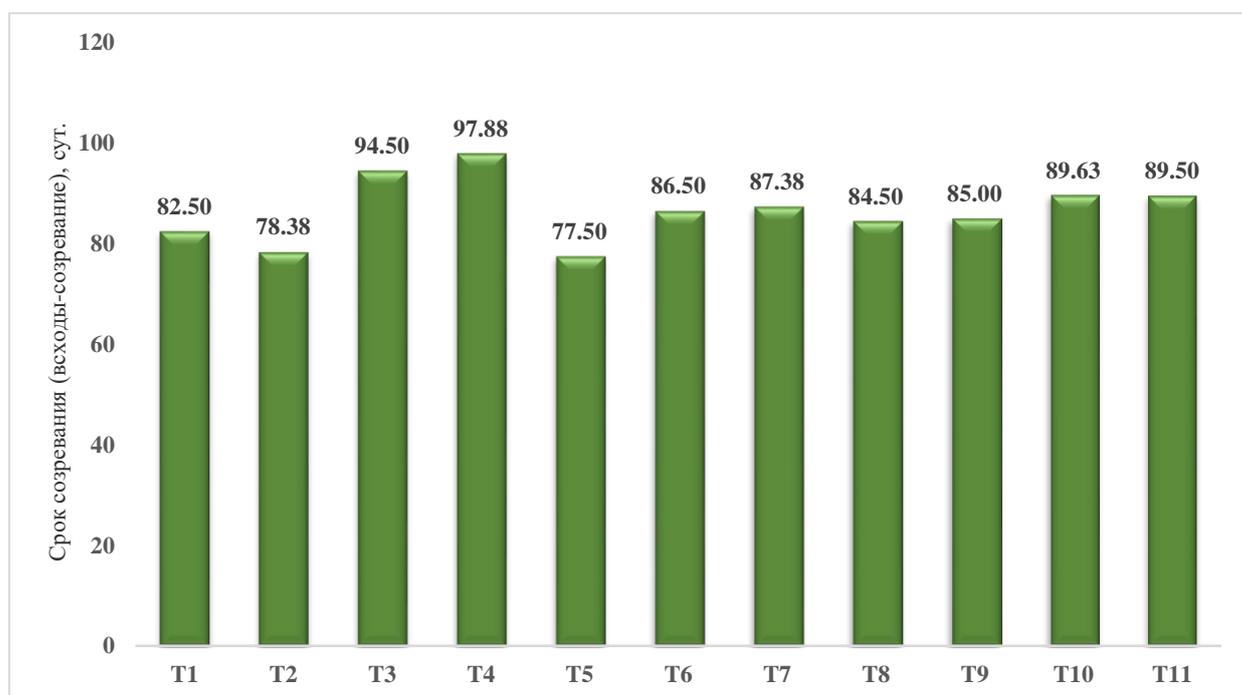
№ п/п	Гибрид	Группа спелости (по описанию)	Срок завязывания на 1 кисти		Среднее
			г. 2020	г. 2021	
Группа индетерминантных – биф					
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	Ср	42,10	40,00	41,05
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	Ср	40,10	39,50	39,80
Группа индетерминантных – черри					
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	Ран	32,00	35,75	33,88
T5	Эльф F <sub>1</sub>	Ран	33,30	35,50	34,40
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных					
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	34,75	37,00	35,88
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	39,10	38,50	38,80
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	38,60	37,00	37,80
Группа индетерминантных крупноплодных					
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	39,30	38,75	39,03
T10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	41,00	40,50	40,75
Полудетерминантный крупноплодный					
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	39,40	39,00	39,20
Индетерминантный крупноплодный кистевой					
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>		48,60	43,00	45,80
НСР <sub>05</sub>			1,118	1,532	-

Стратегическим преимуществом технологии «Фитопирамида» является возможность обеспечить производителя высоким стабильным урожаем товарных плодов в сроки с наиболее высокими рыночными ценами на томат – раньше, чем начнет поступать урожай из пленочных теплиц по традиционной почвенной

технологии. Это происходит за счет более быстрого прохождения фаз растением в условиях «Фитопирамиды» по сравнению с почвенной технологией (Ерошевская и др., 2019). Однако не все гибриды одинаково хорошо способны расти в условиях «Фитопирамиды». Поэтому встает задача подбора образцов и выявления признаков растений томата, наиболее ценных при выращивании на «Фитопирамиде». Разница в сроках созревания обеспечивает рынку самый длинный сезон для поступления томатов (Аль-рукаби и др., 2020). Что касается срока завязывания 1 кисти, то гибриды черри Волшебная арфа F<sub>1</sub> (T2) и Эльф F<sub>1</sub> (T5) были самыми ранними среди всех гибридов томата, в том числе и среди ультраранних типов.

### 3.1.2.6 Срок созревания (всходы-созревание), сут.

Оценивался показатель срок созревания по результатам 2020-2021 гг., (Рис. 13), который свидетельствует о том, что наблюдается значительный эффект вариантов гибридов томатов. В среднем за 2 года самым ранним был гибрид Эльф F<sub>1</sub>(T5) и составил (77,50 сут.). Наиболее длинный срок созревания был отмечен у гибрида Алая каравелла F<sub>1</sub> (T4) (97,88 сут.).



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>

Рисунок 14 - Срок созревания (всходы-созревание), гибридов томата выращенных на установке «Фитопирамида», (сут.) в среднем за 2020-2021 гг.

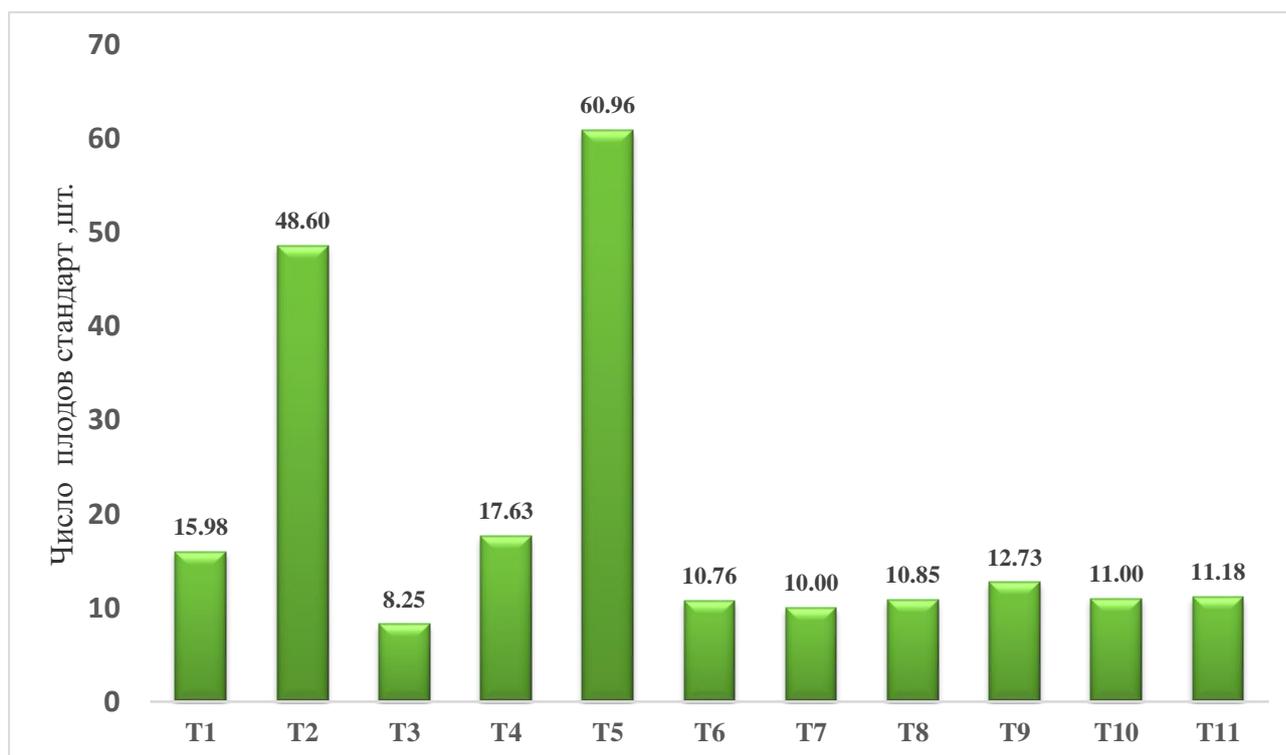
Как известно из литературы, технология «Фитопирамида» способствует ускорению прохождения растениями томата фенологических фаз. Совмещение природной скороспелости гибридов с ускорением, обеспеченном технологией, может позволить получить урожай на десятки дней раньше, чем при традиционной почвенной технологии. Поэтому имеет смысл отбирать генотипы, характеризующиеся максимальной скороспелостью. Из анализа данных (Рис. 10), следует, что наблюдается значительный эффект гибридов томатов по признаку «срок созревания». Гибриды Капитан F<sub>1</sub> (Т1), Волшебная арфа F<sub>1</sub> (Т2) и Эльф F<sub>1</sub> (Т5) имели самые низкие показатели – (82,50, 78,38 и 77,50 сут.), соответственно. Следовательно, они наиболее предпочтительны для получения ранней продукции по технологии «Фитопирамида». Гибриды Маргарита блюз F<sub>1</sub> (Т6), Донской F<sub>1</sub> (Т7), Афродита F<sub>1</sub> (Т8) и Мангусто F<sub>1</sub> (Т9) при среднем сроке созревания (86,50, 87,38, 84,50 и 85,00 суток), соответственно, также показали себя приспособленными к технологии. Гибриды типа биф Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) (89,50 суток) и Коралловый риф F<sub>1</sub> (Т3) (94,50 суток) также входят в группу раннеспелых, но имеют отличие от группы ультраранних на 10-17 суток. Наиболее позднеспелым показал себя гибрид Алая каравелла F<sub>1</sub> (Т4) (97,88 сут.). Следует отметить, что некоторые гибриды отличались от заявленной в описании группы спелости. Так, раннеспелые Волшебная арфа F<sub>1</sub> и Эльф F<sub>1</sub> превысили по скороспелости ультраранние Афродита F<sub>1</sub>, Донской F<sub>1</sub>. Значит условия технологии «Фитопирамида» оказывают специфическое воздействие на фенотипическое проявление генотипов (Аль-рукаби и др., 2020).

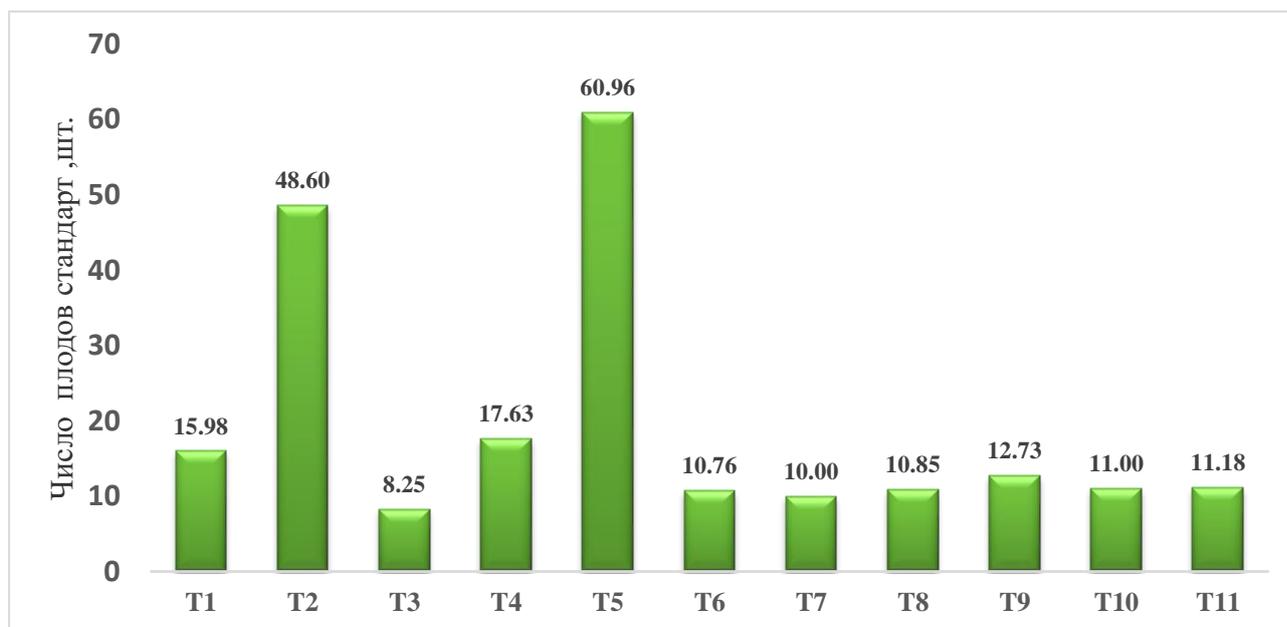
### **3.1.3 Урожайность, товарность, исследуемых томатов**

#### **3.1.3.1 Число плодов стандарта у растений гибридов томата (шт.)**

Оценка показателя числа плодов стандарта по результатам 2020-2021 гг. (Рис. 14), свидетельствует о том, что наблюдается значительный эффект вариантов гибридов томатов. В среднем за 2 года наиболее высокий показатель был у гибрида Эльф F<sub>1</sub> (Т5) и составил (60,96 шт.). Самое низкое число плодов стандарта было отмечено у гибрида Коралловый риф F<sub>1</sub> (Т3) (8,25шт.).

Число плодов является признаком практического значения, и определяется генетической составляющей гибрида, сроков и условий выращивания, и общей продуктивностью (Aboutrabi, 2003). Различия в урожайности сортов томатов можно объяснить различиями в количестве плодов на кисти, количестве кистей с плодами на растении и продуктивности растений (Regassa et al., 2012). Это указывает на то, что сорта с большим количеством кистей на растении и плодов на кисти давали более высокий урожай. «Число плодов» - этот признак связан с генетическим составом гибридов, и существует обратная зависимость между числом плодов и массой плодов, при которой плоды черри Волшебная арфа F<sub>1</sub>(T2) и Эльф F<sub>1</sub>(T5) превосходили все гибриды по количеству. Из группы раннеспелых детерминантных гибридов выделился гибрид Капитан F<sub>1</sub> (T1), который также обладал хорошим набором хозяйственно ценных признаков, наиболее важный из которых – количество плодов. По этому показателю он находится после группы гибридов черри и кистевого гибрида F<sub>1</sub> Алая каравелла (T4).





**Рисунок 15 - Число плодов стандарта у растений гибрида томата выращенных на установке «Фитопирамида», (шт.) в среднем за 2020-2021 гг.**

### **3.1.3.2 Масса одного плода стандарта (г.) у гибридов томата**

Данные по массе одного плода стандарта у изучаемых гибридов, представленные в Таблице 10, свидетельствуют, что наблюдается значительное варьирование. Представлялось интересным выявить гибриды с максимальным размером плода в группе крупноплодных и биф гибридов, поскольку, как правило, продукция с вертикальных ферм поступает на рынок свежей продукции для салатного использования. Для консервирования обычно используют более дешевую сезонную продукцию из открытого грунта. В среднем за 2 года максимальным по показателю «масса одного плода стандарта» среди гибридов группы «биф» был гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> (T11), его показатель достиг(159,57 г.) Поскольку к группе «биф» относят гибриды, масса плода которых превышает 200 г, можно сделать выводы, что, во-первых, технология «Фитопирамида» не способствует наливу плодов до массы, характерной для гибридов этого типа, во-вторых, гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> способен формировать плоды ближе по характеристикам к группе «биф» для данных условий. Самая низкая масса одного

плода стандарта была отмечена у гибрида Эльф F<sub>1</sub> (T5) (17,11 г.), а также Афродита F<sub>1</sub> (T8) для крупноплодных плодов (93,28 г.).

Таблица 10- Масса одного плода стандарта (г.) (2020–2021 гг.)

№ п/п	Гибрид	Группа спелости (по описанию)	Масса одного плода стандарта г.		Среднее
			2020 г.	2021 г.	
Группа индетерминантных – биф					
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	Ср	141,51	177,13	159,32
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	Ср	164,59	154,54	159,57
Группа индетерминантных – черри					
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	Ран	21,86	22,45	22,15
T5	Эльф F <sub>1</sub>	Ран	19,48	14,74	17,11
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных					
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	88,62	104,75	96,69
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	141,08	106,30	123,69
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	93,20	93,37	93,28
Группа индетерминантных крупноплодных					
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	156,54	112,24	134,39
T10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	142,07	112,07	127,07
Полудетерминантный крупноплодный					
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	118,88	114,65	116,76
Индетерминантный крупноплодный кистевой					
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п	67,78	73,83	70,81
НСР <sub>05</sub>			12,40	28,85	-

Масса плода является важным критерием отбора в селекционных программах многих плодовоовощных культур. Окультуривание и селекция томатов (*Solanum lycopersicum*) привели к резкому увеличению массы плодов по сравнению с плодами, их диких родственников [(Baï et al., 2007);(Paran et al., 2007)]. Масса и состав плодов зависят от баланса между внутренними и внешними потоками в/из плодов (в основном воды и углерода), которые включают в себя множество

различных процессов (Prudent et al., 2009). Масса стандартного плода является наиболее важным маркетинговым признаком томатов, который зависит от качеств гибрида и его генетического состава, гибриды, которые выделились по этому признаку, являются Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11), и Коралловый риф F<sub>1</sub> (Т3). Это соответствует: Румяный шар F<sub>1</sub> (250-300 г.) и Коралловый риф F<sub>1</sub> (300-320 г.).

Среди ультра-ранних гибридов в группе крупноплодных гибридов наименее пригоден для условий «Фитопирамиды» был Афродита F<sub>1</sub> (Т8), показав массу «стандартного» плода – (93,28 г.). Наиболее перспективным по показателю масса плода в этой группе был гибрид Донской F<sub>1</sub>. Гибрид кистевого типа Алая каравелла F<sub>1</sub> (Т4) с плодом среднего размера, также представляется не перспективным для данной технологии, так как, его показатель «массы стандартного плода» достиг всего (70,81 г.) к тому же он является средне-поздним, что также не вписывается в режим быстрой ротации культуры на установках «Фитопирамида». Гибрид Мангусто F<sub>1</sub> (Т9), будучи средне-ранним, имеет массу плода (116,76 г.), однако за счет большего (по сравнению с детами и индетами) количества ярко-окрашенных вкусных плодов, имеет неплохие перспективы для условий «Фитопирамиды». Что касается гибридов группы черри, плоды обоих испытанных гибридов укладываются в рамки требований, предъявляемых к черри (менее 30 г.).

### **3.1.3.3 Продуктивность товарная 1 растения (г/раст).**

Оценивался показатель, по результатам 2020-2021 гг. (Рис. 15), который свидетельствовал о том, что наблюдается значительный эффект вариантов гибридов томатов. В среднем за 2 года наиболее высокий показатель был у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) и составил (1769,52г/раст). Самая низкая продуктивность товарная 1 растения была отмечена у гибрида Афродита F<sub>1</sub> (Т8) (1023,60 г/раст).

Товарность продукции имеет первостепенное значение для производителей томатов, поскольку они в основном производят продукцию для рынка (Valemi, 2008). Наилучшим по этому показателю был гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11). Это может свидетельствовать о том, что этот гибрид из группы биф, наилучшим образом приспособлен к условиям выращивания по технологии Фитопирамида».

Гибрид Афродита F<sub>1</sub> (Т8) и гибрид Донской F<sub>1</sub>(Т7), среди крупноплодных гибридов были наименее пригодными для условий «Фитопирамиды» .

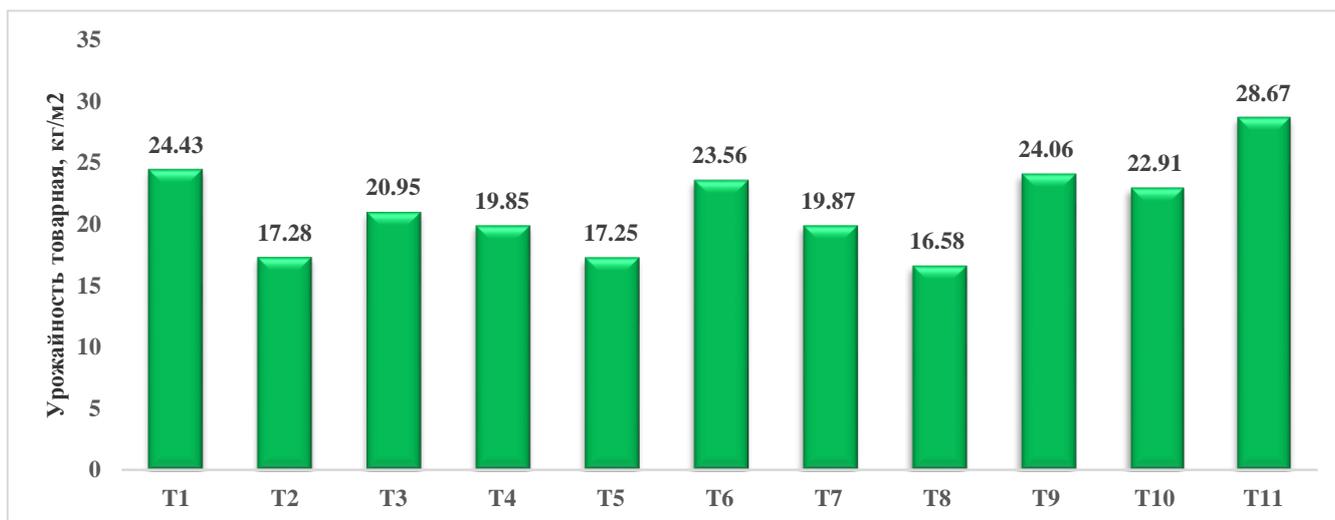


T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>

Рисунок 15 - Продуктивность товарная 1 растения (г/раст) у гибридов томата выращенных на установке «Фитопирамида», в среднем за 2020-2021 гг.

### 3.1.3.4 Урожайность товарная, кг/м<sup>2</sup>.

Оценивался показатель урожайность товарная, кг/м<sup>2</sup> по результатам 2020-2021 гг. (Рис. 16). Отмечено, что наблюдается значительный эффект вариантов гибридов томатов. В среднем за 2 года наиболее высокий показатель был у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) и составил (28,67 кг/м<sup>2</sup>). Самая низкая урожайность товарная, кг/м<sup>2</sup> была отмечена у гибрида Афродита F<sub>1</sub> (Т8) (16,58 кг/м<sup>2</sup>) .



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>

Рисунок 16- Урожайность товарная, кг/м<sup>2</sup>, гибридов томата выращенных на установке «Фитопирамида», в среднем за 2020-2021 гг.

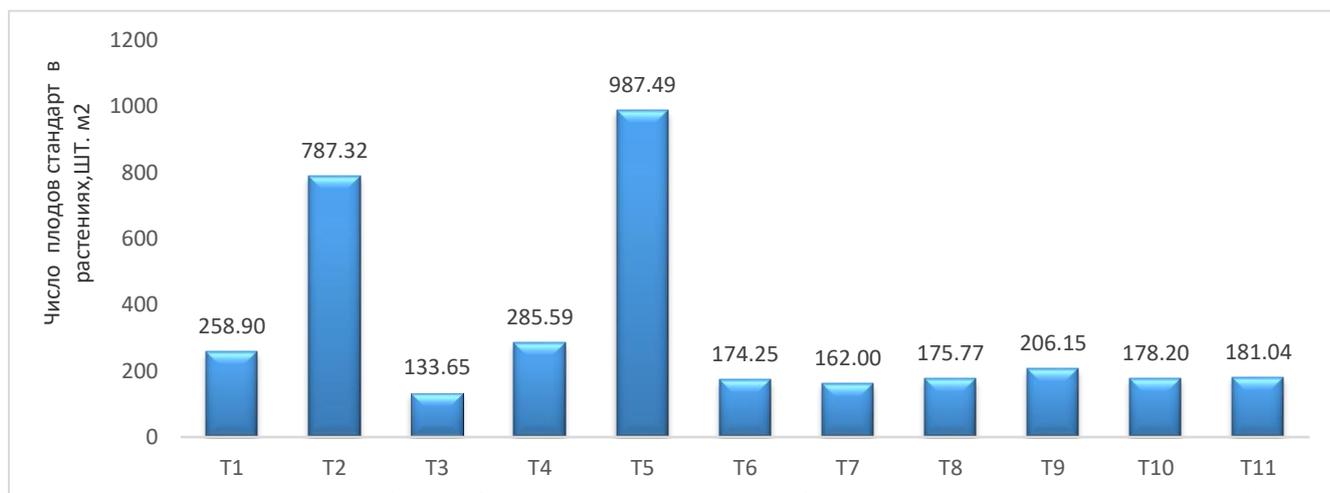
В овощеводстве прибыль зависит от высокого урожая и приемлемого для потребителей качества. У томата плотность посадки растений и обрезка стеблей и/или плодов являются методами управления, используемыми для увеличения урожайности на единицу площади [(Jovicich et al., 1999);(Maboko et al., 2008);(Maboko et al., 2011)]. Многоярусность установки «Фитопирамида» обеспечивает выращивание на 1 м<sup>2</sup> 10–15 растений, а не 3–4, как при традиционной технологии, при относительно невысокой единичной продуктивности одного растения (Селянский, 2018). Одним из преимуществ метода является то, что за счет многоярусного размещения можно разместить большее количество растений на одном квадратном метре площади дорогостоящей теплицы, что позволит увеличить урожайность с квадратного метра (Al-Rukabi, 2020). Увеличение плотности растений на квадратный метр при вертикальном выращивании 16,2 растения, сыграло роль в повышении общей продуктивности и оптимального использования единицы площади, по сравнению с почвенной технологией 3,4 растения на квадратный метр. Наилучшим по показателю урожайность товарная, кг/м<sup>2</sup> был гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> (T11), а наименьший показатель у гибрида

Афродита F<sub>1</sub> (T8) для крупных плодов. Что касается плодов черри, то она меньше всего у гибрида Эльф F<sub>1</sub>(T5).

### 3.1.3.5 Число плодов стандарта, (шт./ м<sup>2</sup>)

Результаты сезонов 2020-2021г. (Рис. 17) показали значительное влияние гибридов томатов разной спелости на число плодов стандарта (шт./м<sup>2</sup>). В среднем за 2 года исследований самый высокий показатель был у гибрида Эльф F<sub>1</sub> (T5) и составил (987,49 шт./м<sup>2</sup>) по сравнению с самым низким показателем у гибрида Коралловый риф F<sub>1</sub> (T3) (133,65 шт./м<sup>2</sup>).

По числу плодов черри гибриды Эльф F<sub>1</sub> (T5) и Волшебная арфа F<sub>1</sub> (T2) превзошли все гибриды, затем Алая каравелла F<sub>1</sub> (T4), а также Капитан F<sub>1</sub> (T1). Наименьшие показатели имели Коралловый риф F<sub>1</sub> (T3) и Донской F<sub>1</sub> (T7). Эти различия, скорее всего, связаны с различиями в количестве плодов на кисти и процентном соотношении плодов.



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>

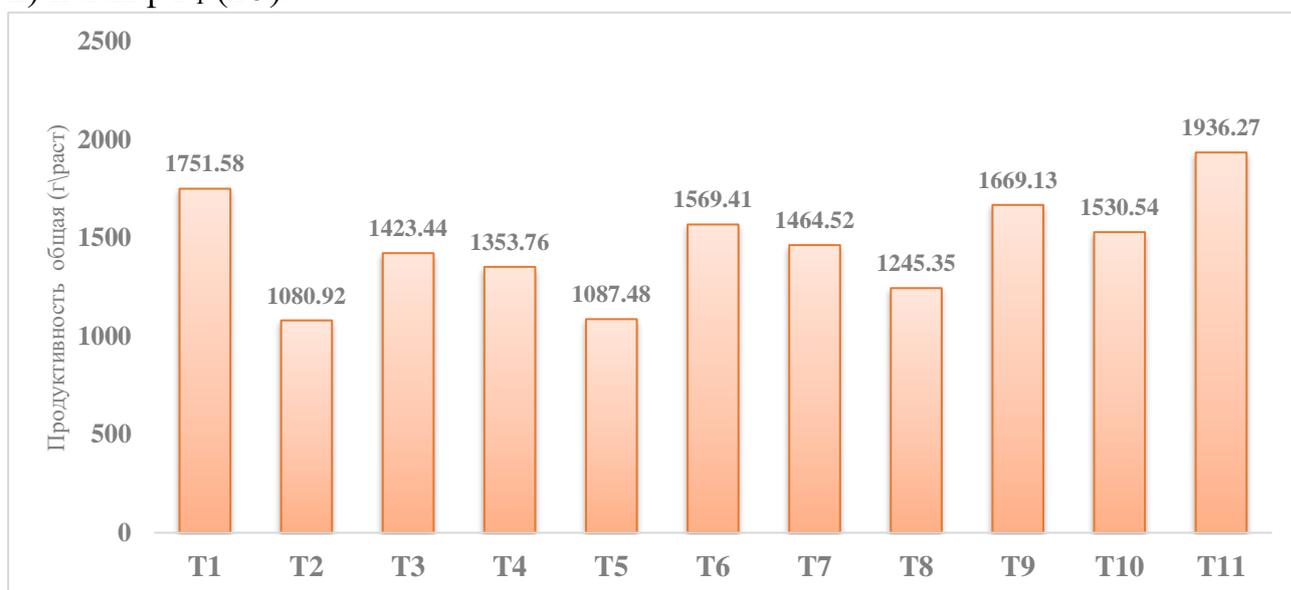
Рисунок 17 - Число плодов стандарта, шт./ м<sup>2</sup>, гибридов томата выращенных на установке «Фитопирамида», в среднем за 2020-2021 гг.

### 3.1.3.6 Продуктивность общая 1 растения, (г/раст)

Сравнительное испытание гибридов томата с различным типом роста (детерминантные и индетерминантные), различной окраской и массой плода (от черри до крупноплодных) на гидропонных установках «Фитопирамида» позволило отобрать наиболее продуктивные и приспособленные из них (Рис.18). Наблюдался

значительный эффект вариантов гибридов томата. В среднем за два года наиболее высокий показатель общей продуктивности был у гибрида типа биф с красной окраской плода F<sub>1</sub> Румяный шар (Т11) и составил (1936,27 г/раст.).

Это может свидетельствовать о том, что гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) из группы биф (масса плода 250-300 г), наилучшим образом приспособлен к условиям выращивания по технологии «Фитопирамида». Этот гибрид устойчив к болезням увядания, вирусам, бурой листовой пятнистости, тип куста индетерминантный. Гибрид Афродита F<sub>1</sub>(Т8), не смотря на хорошие показатели по раннеспелости, был среди крупноплодных гибридов наименее пригоден для условий «Фитопирамиды»,– (1245,35 г/раст.) ниже, чем гибриды черри Волшебная арфа F<sub>1</sub> (Т2) и Эльф F<sub>1</sub> (Т5).



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>

На урожайность томатов прямо или косвенно влияют масса плода, количество плодов на растении, масса плодов на растении, а также размер плодов, и это наиболее важные морфологические и количественные характеристики плодов томатов. Генетические факторы, которые влияют не только на упомянутые признаки, но и на другие количественные признаки в плодах томатов, также находятся под влиянием факторов окружающей среды, методов выращивания,

минерального питания, свойств почвы, а также их взаимодействия [(Haydar et al., 2007);(Mahmood, 2008)].

### 3.1.3.7 Масса одного плода общая (г)

Крупноплодный гибрид F<sub>1</sub> Румяный шар (Т11) из группы среднеспелых бифов показал наибольшую пригодность к условиям «Фитопирамиды». Гибрид обладал хорошими качествами и превосходил другие варианты по «массе плода общей» (140,11г.) в среднем за 2 года (Табл. 11). Самая низкая масса одного плода общая была отмечена у гибрида Эльф F<sub>1</sub>(Т5) (16,64 г.), и у гибрида Афродита F<sub>1</sub> (Т8) была (76,47 г.) среди крупноплодных гибридов.

**Таблица 11. Масса одного плода общая (г.) (2020–2021 гг.)**

№ п/п	Гибрид	Группа спелости (по описанию)	Масса одного плода общая		Среднее
			г. 2020	г. 2021	
Группа индетерминантных – биф					
Т3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	Ср	119,55	143,99	131,77
Т11	Румяный шар F <sub>1</sub>	Ср	146,19	134,02	140,11
Группа индетерминантных – черри					
Т2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	Ран	21,35	21,90	21,62
Т5	Эльф F <sub>1</sub>	Ран	18,66	14,61	16,64
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных					
Т1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	83,64	90,05	86,84
Т7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	107,86	87,77	97,81
Т8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	76,78	76,16	76,47
Группа индетерминантных крупноплодных					
Т6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	135,16	97,61	116,39
Т10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	130,26	96,69	113,47
Полудетерминантный крупноплодный					
Т9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	104,51	101,04	102,78
Индетерминантный крупноплодный кистевой					
Т4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п	63,64	70,26	66,95
НСР <sub>05</sub>			9,58	27,80	-

Томат обладает огромным потенциалом гетерозиса по скороспелости, общей урожайности, характеристикам устойчивости и однородности (Cheema et al., 2005). Общий урожай зависит от нескольких элементов, таких как: количество цветочных кистей, количество цветов, количество плодов на цветочной кисти и растении, массе плодов и других факторов, способствующих формированию урожая (Ibraim et al., 2012). В связи с этим наибольшую пригодность показал гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11), а затем гибрид Коралловый риф F<sub>1</sub> (Т3). Среди ультра-ранних гибридов в группе крупноплодных гибридов наименее пригоден для условий «Фитопирамиды» был Афродита F<sub>1</sub> (Т8).

### 3.1.3.8 Товарность плодов (%)

В период исследований 2020-2021 гг. погодные условия в регионе значительно колебались, не особенно выходя за пределы многолетних средних, что позволило получить 2-х летнюю объективную оценку пластичности гибридов. Оценивался показатель товарность продукции у 11 коммерческих гибридов (%) (Табл. 12). Полученные результаты свидетельствуют о том, что наблюдается значительный эффект влияния вариантов гибридов томатов. В среднем за 2 года, наиболее высокие показатели были у черри гибридов Волшебная арфа F<sub>1</sub>(Т2) и Эльф F<sub>1</sub> (Т5), которые составили (98,51%) и (97,88 %), соответственно. Самая низкая товарность была отмечена у гибридов Афродита F<sub>1</sub> (Т8) (82,10 %) в условиях технологии Фитопирамиды.

**Таблица. 12 Товарность плодов (%), 2020–2021 гг.**

№ П/П	Гибрид	Группа а спелос ти	Доля стандартных плодов (%)		Сред- нее	Доля нетоварных (%)		Сред- нее	Товарность (%)		Сред- нее
			2020 г.	2021 г.		2020 г.	2021 г.		2020 г.	2021 г.	
Группа индетерминантных – биф											
Т3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	ср	76,96	73,55	75,25	8,90	9,21	9,05	91,10	90,79	90,95
Т11	Румяный шар F <sub>1</sub>	ср	82,53	78,07	80,30	7,32	10,35	8,83	92,68	89,65	91,17
Группа индетерминантных – черри											

T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	ран	96,83	95,43	96,13	0,88	2,10	1,49	99,12	97,90	98,51
T5	Эльф F <sub>1</sub>	ран	93,62	97,18	95,40	2,32	1,92	2,12	97,68	98,08	97,88
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных											
T1	Капитан F <sub>1</sub>	у-ран	82,85	71,83	77,34	12,22	16,63	14,42	87,78	83,37	85,58
T7	Донской F <sub>1</sub>	у-ран	64,64	68,91	66,77	15,58	16,85	16,21	84,42	83,15	83,79
T8	Афродита F <sub>1</sub>	у-ран	70,75	63,81	67,28	14,19	21,61	17,90	85,81	78,39	82,10
Группа индетерминантных крупноплодных											
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	с-п	80,32	80,29	80,31	7,05	7,95	7,50	92,95	92,05	92,50
T10	Огонь F <sub>1</sub>	с-п	86,60	77,83	82,21	5,56	10,16	7,86	94,44	89,84	92,14
Полудетерминантный крупноплодный											
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	с-ран	79,21	76,63	77,92	9,99	12,23	11,11	90,01	87,77	88,89
Индетерминантный крупноплодный кистевой											
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	с-п	81,28	91,75	86,52	13,42	3,65	8,53	86,58	96,35	91,47
НСР <sub>05</sub>			3,70	9,89	-	3,70	9,89	-	3,46	6,16	-

**Таблица.13 Оценка по средним показателям урожайности, долям стандарта и нестандарта в условиях технологии «Фитопирамида», 2020–2021 гг.**

№ п/п	Гибрид	Общая урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Массовая доля стандартных плодов, %			Нестандарт плодов, %	Урожайность нестандарт, кг/м <sup>2</sup>
			Высший	Первый	Второй		
T1	Капитан F <sub>1</sub>	28,38			77,34	22,66	3,95
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	17,51	96,13			3,87	0,23
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	23,06			75,25	24,75	2,11
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	21,93		86,22		13,48	2,08
T5	Эльф F <sub>1</sub>	17,62	95,40			4,60	0,37
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	25,42		80,31		19,69	1,86
T7	Донской F <sub>1</sub>	23,73			66,77	33,23	3,86
T8	Афродита F <sub>1</sub>	20,17			67,28	32,72	3,59
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	27,04			77,92	22,08	2,98
T10	Огонь F <sub>1</sub>	24,79		82,21		17,79	1,88
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	31,37		80,30		19,70	2,70

Распределение по товарным сортам по ГОСТ: Высший сорт – более 95% стандартных плодов, Первый сорт – более 80% стандартных плодов, Второй сорт – менее 80% .

Существует множество важных факторов, которые заставляют производителей и потребителей выбирать лучшие гибриды для конкретных технологий производства овощей с целью определения их соответствия условиям и обеспечения запланированного уровня производительности. Помимо этого, гибриды должны соответствовать требованиям со стороны маркетинга, для экономии времени, финансов и повышения прибыльности производства. Товарная продукция представляет собой весь объём проданной продукции предприятием за определенный период времени. Она является важнейшим источником поступления в хозяйство денежных средств. Взаимосвязь между произведённой и реализованной продукцией находит своё выражение в относительном показателе, уровне товарности (Аль-Рукаби и др., 2022).

Для потребителей первостепенным остается хорошее качество плодов, привлекательный внешний вид, относительная плотность и насыщенный вкус и аромат. В последние годы возрастает важность питательной ценности, в том числе содержание биологически активных веществ – ликопина, бета-каротина и других. Несмотря на то, что потребители выбирают плоды томата, основываясь на внешнем виде, повторные покупки зависят от качества при потреблении плодов в пищу.

Качество и ценность гибрида для производителя определяется всеми его биологическими особенностями. Необходимо, чтобы плоды томата имели хороший внешний вид и минимум видимых дефектов. Гибрид томата также должен быть высокоурожайным, устойчивым к болезням, удобным для уборки и хорошо сохранять качество при транспортировке и хранении. То есть быть технологичным и обеспечивать максимум выхода стандартной, пригодной для реализации по максимальной цене продукции. Определение показателя «Товарность» продукции для конкретной технологии в отношении индивидуального гибрида в дополнение к стандартному описанию позволит производителю принять правильное решение о выборе того или иного гибрида для своего хозяйства.

Основываясь на данных оценки гибридов (Табл. 12,13) можно сделать вывод, что лучшими гибридами с точки зрения товарности для условий технологии «Фитопирамида» являются индетерминантные черри гибриды (товарность% и стандарт %): Волшебная арфа F<sub>1</sub> (98,51% и 96,13%) и Эльф F<sub>1</sub>(97,88 % и 95,40 %). Эти же гибриды выделились и по показателю «урожайность общая» (табл. 12): Волшебная арфа F<sub>1</sub> (Т2) (17,51кг/м<sup>2</sup>), Эльф F<sub>1</sub>(Т5) (17,62 кг/м<sup>2</sup>), доля нестандартных плодов у них составила (3,87 % и 4,60 %), соответственно. Для черри гибридов товарность особенно важна, так как часто этот тип томатов продаётся в прозрачной упаковке, где любые отклонения от стандарта влияют на товарный вид продукции и, соответственно, спрос. Неплохо показали себя некоторые крупноплодные индетерминантные гибриды (товарность% и стандарт %): Алая каравелла F<sub>1</sub> (91,47% и 86,22%), Огонь F<sub>1</sub> (92,14% и 82,21), Маргарита блюз F<sub>1</sub> (92,50% и 80,31%) Румяный шар F<sub>1</sub> (91,17% и 80,30%). Менее всего по показателям товарности пригодны для технологии Фитопирамида детерминантные раннеспелые гибриды Афродита F<sub>1</sub> (Т8) и Донской F<sub>1</sub> (Т7). Это связано с особенностями гибридов и их совместимостью с окружающими условиями изучаемой технологии. К сожалению, в данных технологических условиях, в отличие от грунтовых теплиц и открытого грунта, последние два гибрида формируют большое количество нестандартных плодов. Это лишний раз доказывает, что необходима специальная селекция для конкретных условий, в особенности для условий гидропоники.

### **3.1.4 Качество урожая гибридов томата**

#### **3.1.4.1 Содержание сухих растворимых веществ в плодах томата (%)**

Оценивался показатель содержания сухих растворимых веществ в плодах томата (%) (рис.19). Результаты свидетельствуют о том, что наблюдается значительный эффект вариантов гибридов томатов. Наиболее высокий показатель был у гибрида Эльф F<sub>1</sub> (Т5) и составил (9,00%). Самый низкий показатель был отмечен у гибрида Алая каравелла F<sub>1</sub> (Т4) (4,67%) .

Гибриды томата черри, как правило, характеризуются более высоким содержанием сухого вещества и растворимых сухих веществ, чем сорта обычного размера для свежего потребления; эти различия обусловлены более высоким содержанием сахаров (фруктозы и глюкозы) и органических кислот (лимонной и яблочной), которые, в свою очередь, являются основными факторами, определяющими большую сладость, или кислинку [(Stevens et al., 1977);(Pagliarini et al., 2001)]. Содержание сухих растворимых веществ является полезным свойством томатного вкуса (Suárez et al., 2008). Существует отрицательная зависимость между массой свежего продукта и содержанием растворимых сухих веществ в плодах [(Goldenberg et al., 1966);(Ibarbia et al., 1971)].



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>

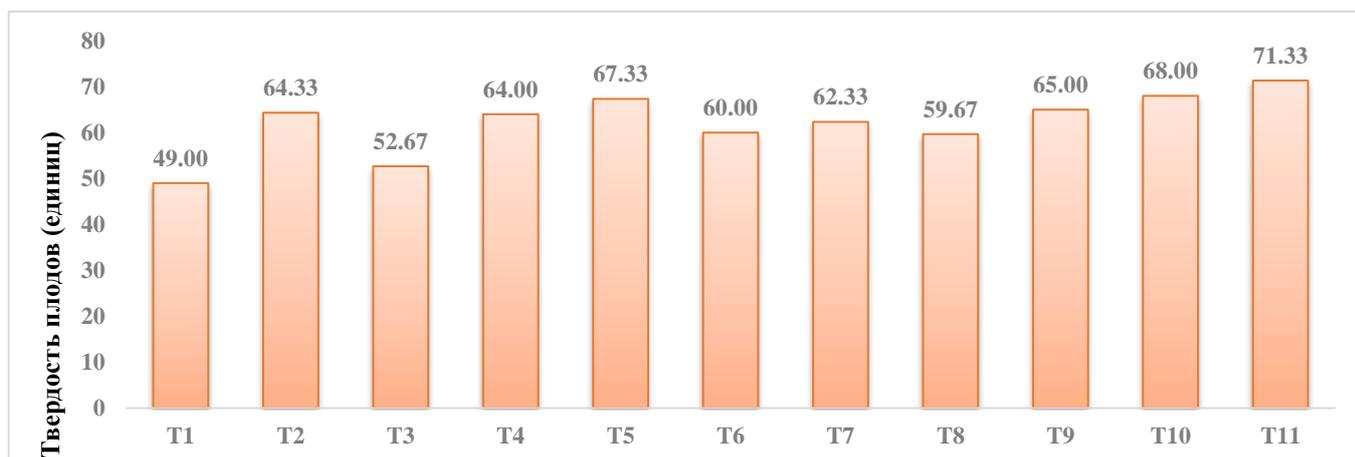
Рисунок 19- Содержание сухих растворимых веществ в плодах томата (%) через 112 суток после появления всходов на установке Фитопирамида 2021 г.

Гибриды черри Эльф F<sub>1</sub> (T5) и Волшебная арфа F<sub>1</sub> (T2) были лучшими среди гибридов по общему количеству растворимых сухих веществ из-за того, что они были богаты сахарами и кислотами по сравнению с крупноплодными образцами.

### 3.1.4.2 Твердость плодов

Результаты (Рис.20) показали значительное влияние гибридов томатов разной зрелости на твердость плодов. Самый высокий показатель был у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (T11) и составил (71,33 единиц) по сравнению с самым низким у гибрида Капитан F<sub>1</sub> (T1) (49,00 единиц).

Гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> (T11) показал лучшую пригодность к условиям Фитопирамиды по показателю твердости плодов, чем Огонь F<sub>1</sub>. Худшими гибридами являются Капитан F<sub>1</sub> (T1), затем Коралловый риф F<sub>1</sub> (T3). Твердость относится к тем характеристикам, насколько хорошо плод может выдерживать внешние силы сжатия.



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>  
Рисунок 20 -Твердость плодов, через 112 суток после появления всходов (единиц) у растений гибридов томата (Фитопирамида) 2021г.

Этот признак может быть использован перевозчиком, продавцом и потребителем для точной оценки качества послеуборочных плодов (Li et al., 2015). Восприимчивость плодов томатов к физическим повреждениям во время сбора урожая и хранения связана с твердостью плодов, это также самая важная черта потребительских предпочтений, которую можно оценить пальцами (Bobinaite et al., 2009). Созревание плодов связано с глубокой структурной и функциональной реорганизацией клеточной стенки, а также повышением активности ферментов, расщепляющих полисахариды [(Yashoda et al., 2006);(Majumder et al., 2002)].

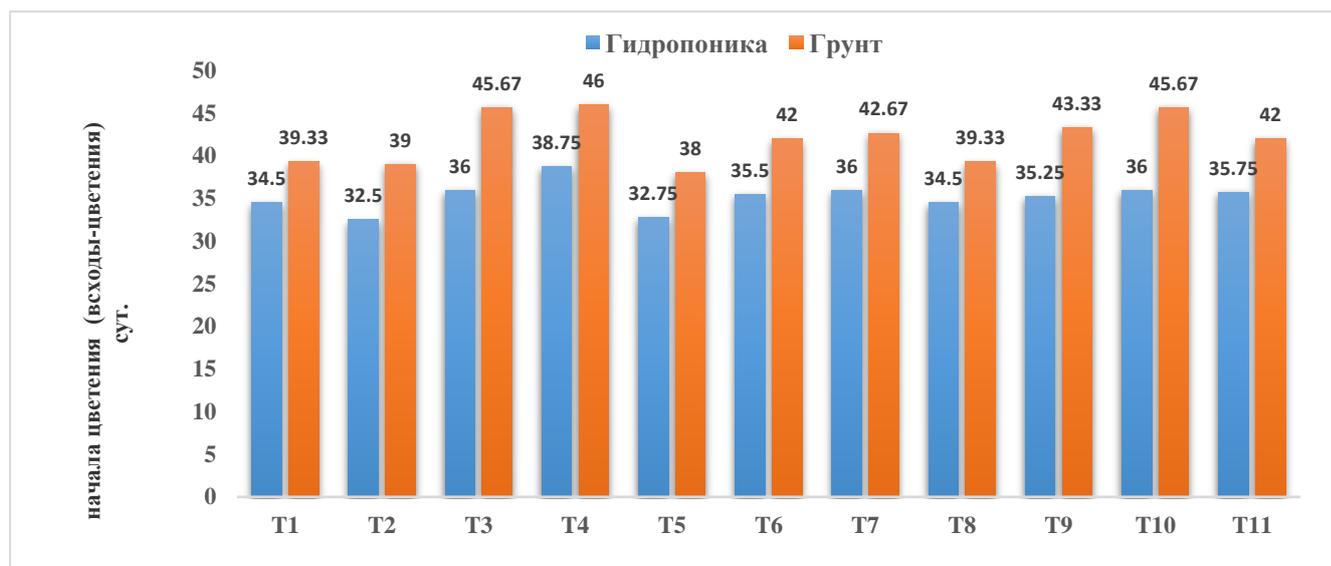
### 3.2. Сравнение условий гидропоники в теплице «Фитопирамида» и в традиционной грунтовой пленочной теплице

#### 3.2.1 Фенологические наблюдения

##### 3.2.1.1 Влияние технологии выращивания томата на срок начала цветения, (всходы-цветения), (сут.)

Влияние технологии выращивания томата на срок начала цветения показали значительную разницу (Рис.21). Самым ранним гибридом, начавшим цветение, был

Эльф F<sub>1</sub> (T5) в гидропонике (32,75 сут.), по сравнению с грунтом (38,00 сут.). Самым поздним был Алая каравелла F<sub>1</sub> (T4) на гидропонике (38,75 сут.), на грунте (46,00 сут.). Раннее цветение является одним из основных признаков, оцениваемых с точки зрения количества дней до начала цветения и 50%-ного цветения, и предпочтительно для коммерческого выращивания из-за скороспелости, которая часто способствует высокому урожаю (Dhivya, 2013).



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Мargarита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>  
 Рисунок 21- Влияние технологии выращивания томата на срок начала цветения, (всходы-цветения), (сут.) в 2021 г.

Цветение является одним из важных признаков, определяющих общее и раннее производство. Одними из ранних гибридов, которые подходят для условий Фитопирамиды и грунта, являются Волшебная арфа F<sub>1</sub> (T2), Эльф F<sub>1</sub> (T5) и Капитан F<sub>1</sub> (T1). Условия Фитопирамиды стимулировали раннюю продолжительность начала цветения по сравнению с грунтом, в результате более быстрого прохождения фаз. Реакция некоторых гибридов, отличалась от описания. Раннеспелые Волшебная арфа F<sub>1</sub> и Эльф F<sub>1</sub> обогнали по скороспелости ультраранние Афродиту F<sub>1</sub> и Донской F<sub>1</sub>, то есть условия Фитопирамиды влияли на фенотипическое проявление генотипов (AL-Rukabi et al., 2021).

### 3.2.1.2 Влияние технологии выращивания томатов на срок созревания (всходы-созревание), (сут.)

Технологии выращивания оказывают значительное влияние у гибридов томатов на срок созревания (всходы-созревание), (Таблица 14). Лучшим раннеспелым гибридом был Эльф F<sub>1</sub>(Т5) в гидропонике (78,00;77,00 сут.) по сравнению с грунтом (112,00; 101,67 сут.) в 2020 и 2021 гг. соответственно. Самый поздний гибрид был Алая каравелла F<sub>1</sub>(Т4) в гидропонике (101,00; 94,75 сут.), по сравнению с грунтом (122,00; 114,67 сут.) в 2020 и 2021 гг. соответственно. Раннее созревание у гибридов Эльф F<sub>1</sub>(Т5) и Алая каравелла F<sub>1</sub>(Т4) на МВТУ, по сравнению грунтом, составила 34 и 21 сутки, соответственно в 2020 г. В 2021 году разница была 24,67 и 19,92 сутки.

Таблица 14- Влияние технологии выращивания томатов на срок созревания (всходы-созревание), (сут.) (2020 - 2021 гг.)

№	Гибрид	Тип выращивания теплица 2020 г.		В среднем по фактору А	Тип выращивания теплица 2021 г.		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
Т1	Капитан F <sub>1</sub>	-	-	-	82,00	102,67	92,33
Т2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	-	-	-	78,75	100,00	89,38
Т3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	-	-	-	94,00	111,00	102,50
Т4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	101,00	122,00	111,50	94,75	114,67	104,71
Т5	Эльф F <sub>1</sub>	78,00	112,00	95,00	77,00	101,67	89,33
Т6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	-	-	-	87,00	104,33	95,67
Т7	Донской F <sub>1</sub>	-	-	-	88,75	112,33	100,54
Т8	Афродита F <sub>1</sub>	-	-	-	83,00	99,00	91,00
Т9	Мангусто F <sub>1</sub>	-	-	-	84,00	105,33	94,67
Т10	Огонь F <sub>1</sub>	-	-	-	89,25	113,67	101,46
Т11	Румяный шар F <sub>1</sub>	88,00	119,00	103,50	91,00	108,67	99,83
В среднем по фактору В		89,00	117,67		86,32	106,67	96,49
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)		1,00			3,37		
НСР <sub>05</sub> Тип выращивания фактор (В)		0,82			1,44		
НСР <sub>05</sub> по (АВ)		1,42			4,76		

На согласованное созревание плодов томат влияет этилен. Созревание зависит от нескольких факторов, и во время этих процессов в плодах происходит несколько структурных изменений. Понимание изменений, происходящих в плодах, имеет важное значение для контролируемого производства томатов, особенно таких, как процесс созревания, включая смягчение плодов, изменение цвета и развитие аромата [(Musse et al., 2009); (Lu et al., 2010)]. Продолжительность раннего созревания в системе «Фитопирамида» составляет до 1-2 месяцев (Селянский и др., 2011). По сравнению с традиционным возделыванием следует отметить, что некоторые гибриды отличались от заявленной в описании группы спелости, Так раннеспелые Волшебная арфа F<sub>1</sub> и Эльф F<sub>1</sub> обогнали по скороспелости ультраранние Афродиту F<sub>1</sub> и Донской F<sub>1</sub>, Значит условия МВТУ «Фитопирамида» оказывают специфическое воздействие на фенотипическое проявление генотипов. Климат «Фитопирамиды» был идеальным для выращивания гибридов томатов разной зрелости. Наличие автоматической системы вентиляции и надлежащего состояния окружающей среды растений помогли сократить срок созревания на 16-34 дня по сравнению с неотапливаемой плёночной теплицы. Эльф F<sub>1</sub> (Т5) был самым ранним, по сравнению с Алая каравелла F<sub>1</sub>(Т4), которая была более поздней по признаку спелости.

### **3.2.2 Урожайность, товарность исследуемых томатов**

#### **3.2.2.1 Влияние технологии выращивания томатов на число плодов стандарта с 1 растения**

Технология выращивания оказывает значительное влияние на число плодов стандарта. Результаты приведены в таблице 15. Самый высокий показатель отмечен у гибрида Эльф F<sub>1</sub>(Т5) на гидропонике (70,10; 51,81 шт.) по сравнению с грунтом (71,83; 137,67 шт.) в 2020 и 2021 гг., соответственно.

Таблица 15- Влияние технологии выращивания томатов на число плодов стандарта (шт.) (2020-2021 гг.)

№	Гибрид	Тип выращивания теплица 2020		В среднем по фактору А	Тип выращивания теплица 2021		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
T1	Капитан F <sub>1</sub>	-	-	-	12,65	19,67	16,16
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	-	-	-	39,65	112,67	76,16
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	-	-	-	7,45	17,00	12,23
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	20,26	33,83	27,05	15,00	23,00	19,00
T5	Эльф F <sub>1</sub>	70,10	71,83	70,97	51,81	137,67	94,74
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	-	-	-	9,56	22,00	15,78
T7	Донской F <sub>1</sub>	-	-	-	10,40	10,00	10,20
T8	Афродита F <sub>1</sub>	-	-	-	10,35	16,00	13,18
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	-	-	-	12,45	20,67	16,56
T10	Огонь F <sub>1</sub>	-	-	-	10,45	19,33	14,89
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	12,15	15,67	13,91	10,20	13,33	11,77
В среднем по фактору В		34,17	40,44		17,27	37,39	27,33
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)		6,61			4,63		
НСР <sub>05</sub> Тип выращивания фактор (В)		5,40			1,97		
НСР <sub>05</sub> по (АВ)		9,35			6,54		

Получение высокого урожая плодов хорошего качества является одной из основных задач при выращивании томатов. Увеличение густоты растений способствует сокращению свежей массы плодов и увеличению урожайности с единицы площади, с другой стороны, параметры коммерциализации учитывают количество и свежую массу плодов (Cardoso et al., 2018). При этом гибриды черри Волшебная арфа F<sub>1</sub>(Т2) и Эльф F<sub>1</sub>(Т5) превосходили все гибриды по количеству плодов. Из группы раннеспелых детерминантных гибридов выделился гибрид Капитан F<sub>1</sub> (Т1), который также обладал хорошим набором хозяйственно ценных признаков, наиболее важный из которых – количество плодов. По этому показателю он находится сразу после группы гибридов черри и кистевого гибрида F<sub>1</sub> Алая каравелла (Т4).

### 3.2.2.2 Влияние технологии выращивания томатов на массу одного плода стандарта

Технологии выращивания показывают значительное влияние на массу одного плода стандарта. Результаты приведены в таблице 16. Самый высокий показатель массы одного плода стандарта был отмечен у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в грунте (207,67; 219,02 г.), по сравнению с гидропоникой (164,59; 154,54 г.) в 2020 и 2021 гг., соответственно. Самый низкий показатель был у гибрида Эльф F<sub>1</sub>(Т5) в грунте (26,05; 15,49г.), по сравнению с гидропоникой (19,48; 14,74г.) в 2020 и 2021 гг., соответственно. Присутствует существенная разница между взаимодействием гибридов и системами культивирования. Масса одного плода стандарта, у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в теплице, на гидропонике, была меньше, чем в грунтовой, с разницей в (43,07; 64,48г.) в 2020 и 2021 гг., соответственно.

Таблица 16- Влияние технологии выращивания томатов на массу одного плода стандарта (г.), 2020- 2021 гг.

№	Гибрид	Тип выращивания теплица 2020		В среднем по фактору А	Тип выращивания теплица 2021		В среднем по фактору А
		Фитопирамид а	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
Т1	Капитан F <sub>1</sub>	-	-	-	104,75	109,80	107,28
Т2	Волшебная арфа F <sub>1</sub> 1	-	-	-	22,45	24,01	23,23
Т3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	-	-	-	177,13	170,13	173,63
Т4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	67,78	94,85	81,31	73,83	97,57	85,70
Т5	Эльф F <sub>1</sub>	19,48	26,05	22,76	14,74	15,49	15,12
Т6	Маргарита блюз F <sub>1</sub> 1	-	-	-	112,24	123,22	117,73
Т7	Донской F <sub>1</sub>	-	-	-	106,30	133,93	120,11
Т8	Афродита F <sub>1</sub>	-	-	-	93,37	94,25	93,81
Т9	Мангусто F <sub>1</sub>	-	-	-	114,65	116,95	115,80
Т10	Огонь F <sub>1</sub>	-	-	-	112,07	133,58	122,83
Т11	Румяный шар F <sub>1</sub>	164,59	207,67	186,13	154,54	219,02	186,78
В среднем по фактору В		83,95	109,52		98,73	112,54	105,64
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)		13,93			18,90		
НСР <sub>05</sub> Тип выращивания		11,37			8,06		

Масса плода - важный показатель, который зависит от признаков гибрида и их наследования. При возделывании в грунте она была больше, чем на Фитопирамиде. Это связано с снижением показателя густоты стояния. Лучшими образцами по массе плода являлись: Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) и Коралловый риф F<sub>1</sub> (Т3), а самые маленькие плоды формируют - Алая каравелла F<sub>1</sub> (Т4) и Афродита F<sub>1</sub> (Т8), Это связано с свойствами гибридов и их приспособленности к окружающей среде. Увеличение плотности посадки приводит к снижению средней массы растений и повышению продуктивности (Castoldi et al., 2010). Отмечена тенденция к уменьшению показателя «масса стандартного плода» в условиях «Фитопирамиды» по сравнению с традиционной грунтовой технологией (Аль-Рукаби и др., 2021).

### **3.2.2.3 Влияние технологии выращивания томатов на продуктивность товарную 1 растения**

Технология выращивания оказывает значительное влияние на продуктивность товарную 1 растения. Результаты приведены в таблице 17. Самая высокая продуктивность товарная была у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в грунте (3220,00; 2918,93 г/раст) в 2020 и 2021 гг., соответственно, по сравнению с гидропоникой (1964,65; 1574,40 г/раст) в 2020 и 2021 гг., соответственно. Самые низкие показатели были у гибрида Эльф F<sub>1</sub>(Т5) в гидропонике (1362,33 г/раст) в 2020 г., и Донской F<sub>1</sub>(Т7) (1104,30 г/раст) в 2021 г., по сравнению с грунтом - Эльф F<sub>1</sub>(Т5) (1862,50 г/раст) в 2020, и Донской F<sub>1</sub>(Т7) (1327,86 г/раст) в 2021г. Существует существенная разница между взаимодействием гибридов и системами культивирования. Продуктивность товарная у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в теплице, на гидропонике, была меньше, чем в грунте, с разницей в (1255,35; 1344,53 г/раст) в 2020 и 2021 гг., соответственно.

Таблица 17- Влияние технологии выращивания томатов на продуктивность товарную 1 растения (г/раст), 2020- 2021 гг.

№	Гибрид	Тип выращивания теплица 2020		В среднем по фактору А	Тип выращивания теплица 2021		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
T1	Капитан F <sub>1</sub>	-	-	-	1294,30	2211,76	1753,03
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	-	-	-	877,60	2675,06	1776,33
T3	Коралловый риф F <sup>1</sup>	-	-	-	1305,10	2876,92	2091,01
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	1344,73	3194,33	2269,53	1106,39	2234,06	1670,22
T5	Эльф F <sub>1</sub>	1362,33	1862,50	1612,41	767,01	2126,50	1446,76
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	-	-	-	1061,57	2719,07	1890,32
T7	Донской F <sub>1</sub>	-	-	-	1104,30	1327,86	1216,08
T8	Афродита F <sub>1</sub>	-	-	-	967,96	1513,63	1240,80
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	-	-	-	1431,27	2398,41	1914,84
T10	Огонь F <sub>1</sub>	-	-	-	1186,72	2533,00	1859,86
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	1964,65	3220,00	2592,33	1574,40	2918,93	2246,66
В среднем по фактору В		1557,24	2758,94		1152,42	2321,38	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)		344,60			269,50		
НСР <sub>05</sub> Тип выращивания фактор (В)		281,36			114,92		
НСР <sub>05</sub> по (АВ)		487,34			381,13		

Более высокая средняя масса плода существует при более широком расстоянии между растениями по сравнению с более близким расстоянием (Ali, 1995). Увеличение плотности посадки растений привело к снижению средней массы растений и в определенной степени повысило их продуктивность (Castoldi et al., 2010). Обрезка уменьшает количество товарных плодов на растении и увеличивает массу товарных плодов на растении (Muhammad et al., 2007). Наилучшим по показателю продуктивность товарная 1 растения был гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11). Это может свидетельствовать о том, что этот гибрид из группы биф, наилучшим образом приспособлен к условиям выращивания по технологии «Фитопирамида» (Al-Rukabi et al., 2022). Гибриды Донской F<sub>1</sub>(Т7), и

Афродита F<sub>1</sub> (Т8), были среди крупноплодных гибридов наименее пригодными для условий «Фитопирамиды».

### 3.2.2.4 Влияние технологии выращивания гибридов томатов на урожайность товарную, кг/м<sup>2</sup>

Технология выращивания оказывают значительное влияние на урожайность товарную, кг/м<sup>2</sup> у гибридов томатов (Таблица 18). Самая высокая урожайность товарная была у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в гидропонике (31,83; 25,51 кг/м<sup>2</sup>) по сравнению с грунтом (10,95; 9,92 кг/м<sup>2</sup>) в 2020 и 2021 гг., соответственно. Самая низкая урожайность была у гибрида Эльф F<sub>1</sub>(Т5) в гидропонике (22,07;12,43 кг/м<sup>2</sup>) по сравнению с грунтом (6,33;7,23 кг/м<sup>2</sup>) в 2020 и 2021 гг., соответственно. Существовала существенная разница между взаимодействием гибридов и системами культивирования.

Таблица 18- Влияние технологии выращивания томатов на урожайность товарную, кг/м<sup>2</sup> (2020-2021 гг.)

№	Гибрид	Тип выращивания теплица 2020			Тип выращивания теплица 2021		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
Т1	Капитан F <sub>1</sub>	-	-	-	20,97	7,52	14,24
Т2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	-	-	-	14,22	9,10	11,66
Т3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	-	-	-	21,14	9,78	15,46
Т4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	21,78	10,86	16,32	17,92	7,60	12,76
Т5	Эльф F <sub>1</sub>	22,07	6,33	14,20	12,43	7,23	9,83
Т6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	-	-	-	17,20	9,24	13,22
Т7	Донской F <sub>1</sub>	-	-	-	17,89	4,51	11,20
Т8	Афродита F <sub>1</sub>	-	-	-	15,68	5,15	10,41
Т9	Мангусто F <sub>1</sub>	-	-	-	23,19	8,15	15,67
Т10	Огонь F <sub>1</sub>	-	-	-	19,22	8,61	13,92
Т11	Румяный шар F <sub>1</sub>	31,83	10,95	21,39	25,51	9,92	17,71
В среднем по фактору В		25,23	9,38		17,30	7,89	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)		3,19			2,64		
НСР <sub>05</sub> Тип выращивания фактор (В)		2,60			1,13		
НСР <sub>05</sub> по (АВ)		4,51			3,73		

Масса плодов была наибольшей при самой низкой густоте стояния. По мере увеличения густоты стояния растений продуктивность растения снижалась, но урожайность/м<sup>2</sup> увеличивалась (Logendra et al., 2001). Исходя из указанного набора селекционных характеристик при вертикальном выращивании, был выбран исходный материал, получены гибриды, как крупноплодные, так и вишневидного типа с урожайностью 12- 31 кг/м<sup>2</sup> за 2 месяца плодоношения, а при выращивании в весенней грунтовой плёночной теплице 5-10 кг/м<sup>2</sup>. Показатели у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) на гидропонике был значительно выше, чем на грунте.

### **3.2.2.5 Влияние технологии выращивания томатов на общую массу одного плода**

Технологии выращивания томатов оказывают значительное влияние на общую массу одного плода. Результаты представлены в таблице 19. Самый высокий показатель общей массы одного плода был у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в грунте (187,93; 183,80 г.) по сравнению с гидропоникой (146,19; 134,02 г.) в 2020 и 2021 гг., соответственно. Самый низкий показатель был у гибрида Эльф F<sub>1</sub>(Т5) в грунте (25,74;14,98 г.), по сравнению с гидропоникой (18,66; 14,61г.) в 2020 и 2021 гг. соответственно. Отмечена существенная разница между взаимодействием гибридов и системами культивирования. Масса одного плода общая, у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в теплице, на гидропонике, было меньше, чем на грунте, с разницей в (41,74; 49,77 г.) в 2020 и 2021 гг., соответственно.

Условия «Фитопирамиды» не позволили до конца реализоваться потенциалу биф-томатов. Гибриды F<sub>1</sub> Коралловый риф и F<sub>1</sub> Румяный шар на грунте формируют плоды массой выше чем в «Фитопирамиде». Более того, масса плода была наибольшей в условиях низкой плотности растений. Во многих исследованиях томатов, выращиваемых как в открытом грунте, так и в защищённом, по мере увеличения плотности растений продуктивность снижалась, но урожайность/ м<sup>2</sup> увеличивалась [(Fery et al., 1970); (Papadopoulos et al., 1988); (Papadopoulos et al., 1990); (Rodriguez, 1975)]. Фотосинтез увеличивается с увеличением расстояния

между растениями, что приводит к росту содержания растворимых твердых веществ, и, соответственно, к увеличению урожайности (Carrari et al., 2006).

Таблица 19- Влияние технологии выращивания томатов на общую массу одного плода (г.) (2020- 2021 гг.)

№	Гибрид	Тип выращивания теплица 2020		В среднем по фактору А	Тип выращивания теплица 2021		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
T1	Капитан F <sub>1</sub>	-	-	-	90,05	97,85	93,95
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	-	-	-	21,90	22,46	22,18
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	-	-	-	143,99	149,87	146,93
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	63,64	75,43	69,53	70,26	76,82	73,54
T5	Эльф F <sub>1</sub>	18,66	25,74	22,20	14,61	14,98	14,80
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	-	-	-	97,61	109,85	103,73
T7	Донской F <sub>1</sub>	-	-	-	87,77	96,62	92,19
T8	Афродита F <sub>1</sub>	-	-	-	76,16	81,41	78,79
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	-	-	-	101,04	97,59	99,32
T10	Огонь F <sub>1</sub>	-	-	-	96,69	115,42	106,05
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	146,19	187,93	167,06	134,02	183,80	158,91
В среднем по фактору В		76,16	96,37	86,26	84,92	95,15	90,04
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)		10,11			18,89		
НСР <sub>05</sub> Тип выращивания фактор (В)		8,25			8,05		
НСР <sub>05</sub> по (АВ)		14,30			26,71		

### 3.2.2.6 Влияние технологии выращивания томатов на продуктивность общую 1 растения

Технология выращивания томатов оказывает значительное влияние на продуктивность общую 1 растения. Результаты представлены в таблице 20. Самый высокий показатель продуктивности товарной был у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в грунте (3485,00; 3345,59 г/раст) в 2020 и 2021 гг., соответственно, по сравнению с гидропоникой (2121,40; 1751,15 г/раст) в 2020 и 2021 гг., соответственно. Самая низкая продуктивность была у гибрида Эльф F<sub>1</sub> (Т5) в грунте (1879,17, 2251,50 г/раст) в 2020 и 2021 гг., соответственно, по сравнению с гидропоникой (1394,15, 780,82 г/раст) в 2020 и 2021 гг., соответственно. Существовала существенная разница между взаимодействием гибридов и системами культивирования.

Продуктивность общая, у гибрида Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) в теплице, на гидропонике, было меньше, чем в грунте, с разницей в (1363.60; 1594.44 г/раст) в 2020 и 2021 гг., соответственно.

Таблица 20- Влияние технологии выращивания томатов на продуктивность общую 1 растения (г/раст) (2020 -2021 гг.)

№	Сорт	Тип выращивания теплица 2020		В среднем по фактору А	Тип выращивания теплица 2021		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
Т1	Капитан F <sub>1</sub>	-	-	-	1550,30	2435,10	1992,70
Т2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	-	-	-	895,10	3096,73	1995,91
Т3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	-	-	-	1437,60	3145,26	2291,43
Т4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	1561,88	3561,00	2561,44	1145,64	2822,39	1984,01
Т5	Эльф F <sub>1</sub>	1394,15	1879,17	1636,66	780,82	2251,50	1516,16
Т6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	-	-	-	1150,69	2924,07	2037,38
Т7	Донской F <sub>1</sub>	-	-	-	1331,55	1539,52	1435,54
Т8	Афродита F <sub>1</sub>	-	-	-	1238,21	1765,30	1501,76
Т9	Мангусто F <sub>1</sub>	-	-	-	1629,52	2601,75	2115,63
Т10	Огонь F <sub>1</sub>	-	-	-	1324,97	2714,67	2019,82
Т11	Румяный шар F <sub>1</sub>	2121,40	3485,00	2803,20	1751,15	3345,59	2548,37
В среднем по фактору В		1692,48	2975,06		1294,14	2603,81	1948,97
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор(А)		401,33			338,52		
НСР <sub>05</sub> Тип выращивания фактор (В)		327,68			144,35		
НСР <sub>05</sub> по (АВ)		567,56			478,74		

Этот гибрид Румяный шар F<sub>1</sub> (Т11) считается одним из очень подходящих гибридов по массе и качественным характеристикам, желательным для производителей и фермеров.

### 3.2.3 Качество урожая гибридов томата

#### 3.2.3.1 Влияние технологии выращивания томатов на содержание сухих растворимых веществ

Результаты таблицы 21 показывают значительное влияние технологии выращивания томатов на общее количество растворимых сухих веществ. Самый высокий показатель был у гибрида Эльф F<sub>1</sub> (Т5) в гидропонике по сравнению с грунтом (9,00%), (8,67%), соответственно. Самый низкий показатель был у гибрида Алая каравелла F<sub>1</sub> (Т4) в гидропонике по сравнению с грунтом (4,67 %), (5,50 %), соответственно. Наблюдалась достоверная разница между взаимодействием гибридов и системами культивирования.

Таблица 21- Содержание сухих растворимых веществ в плодах (%) через 113 суток после появления всходов, 2021г.

№	Сорт	Тип выращивания теплица		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт	
T1	Капитан F <sub>1</sub>	5,00	5,67	5,33
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	9,00	7,50	8,25
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	5,33	5,83	5,58
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	4,67	5,50	5,08
T5	Эльф F <sub>1</sub>	9,00	8,67	8,83
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	5,67	5,67	5,67
T7	Донской F <sub>1</sub>	5,67	5,67	5,67
T8	Афродита F <sub>1</sub>	5,00	6,83	5,92
T9	Мангусто F <sub>11</sub>	4,67	6,00	5,33
T10	Огонь F <sub>1</sub>	5,00	6,00	5,50
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	5,33	5,50	5,42
В среднем по фактору В		5,85	6,26	6,05
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)		0,85		
НСР <sub>05</sub> Тип выращивания фактор (В)		0,36		
НСР <sub>05</sub> по (АВ)		1,20		

Показатели общего количества растворимых сухих веществ у мелкоплодных гибридов выше, чем у крупноплодных гибридов (Ben-Oliel et al., 2005). Увеличение содержания растворимых сухих веществ повышает ценность свежих плодов и улучшает их качество, поскольку это влияет на аромат, вкус и содержание воды. Кроме того, растения, растущие в условиях стресса, реагируют, увеличивая

выработку антиоксидантов как из неферментативных систем (например, флавоноидов, фенольных соединений, витаминов С и Е и каротиноидов), так и из ферментативных систем (Apel et al., 2004).

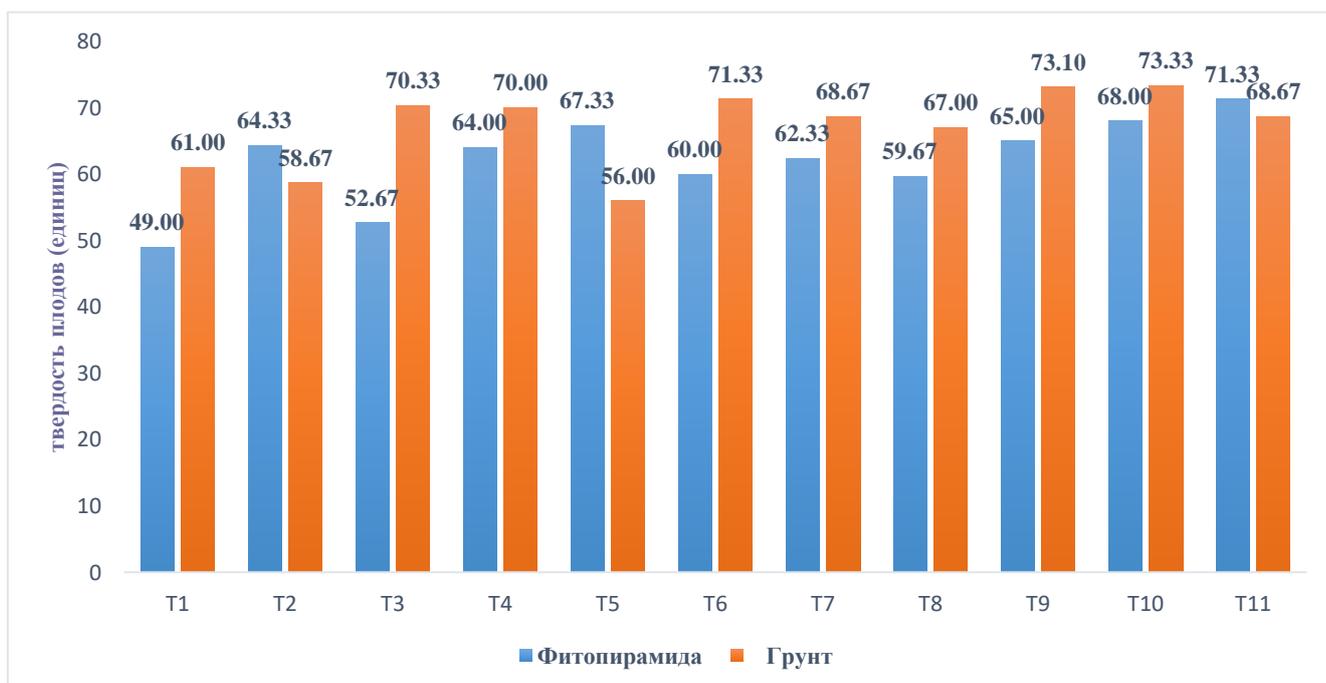
Гибриды черри, будь то красный Эльф F<sub>1</sub> (Т5) или желтый Волшебная арфа F<sub>1</sub> (Т2) по окраске плода, независимо от того, были ли они посажены на гидропонике или в грунте, имели самые высокие показатели общего количества растворимых сухих веществ из-за того, что они были богаты сахарами и кислотами по сравнению с крупноплодными томатами. Вишневидные гибриды были лучше на гидропонике по сравнению с грунтом, но гибриды с крупными плодами были в основном лучше на грунте по сравнению с гидропоникой.

### **3.2.3.2 Влияние технологии выращивания томатов на твердость плодов**

Технологии выращивания оказали значительное влияние на твердость плодов у гибридов томатов (Рис. 22). Самый высокий показатель был у гибрида Огонь F<sub>1</sub> (Т10) в гидропонике по сравнению с грунтом 68,00 и 73,33 единиц , соответственно. Самым низким показателем был у гибрида Капитан F<sub>1</sub> (Т1) в гидропонике по сравнению с грунтом 49,00 и 61,00 единиц, соответственно. Наблюдалась достоверная разница между взаимодействием гибридов и системами культивирования.

Твердость является одной из важнейших характеристик качества плодов томатов и зависит от структуры и целостности клеточных стенок в околоплоднике, а также от других изменений, которые происходят в клеточных мембранах на стадии созревания, периода сбора урожая и продолжительности хранения [(Dumas et al., 2003), (De Ketelaere et al., 2004),(Marsic et al., 2011)]. О качестве плодов томатов судят главным образом по цвету кожицы, текстуре кожицы и твердости плодов, что в совокупности повышает товарную ценность продукта (Jammihal et al., 2022). Твердость плодов томатов определяется несколькими параметрами, которые включают тургор, свойства кутикулы и структуру клеточной стенки. Питательные вещества играют одну из самых важных ролей в повышении упругости плодов. Более высокий уровень отдельных элементов (Ca, Mg, P и K) в плодах делает их

более упругими, поскольку эти элементы способствуют утолщению клеточной стенки, что, в свою очередь, повышает упругость плодов, задерживает созревание и увеличивает срок хранения плодов томатов (Kugiasou et al., 2018). Таким образом у большинства гибридов плоды были более твердыми при выращивании на грунте, чем на гидропонике (Al-Rukabi et al., 2022), такие, как Капитан F<sub>1</sub>(T1), Коралловый риф F<sub>1</sub>(T3) , Алая каравелла F<sub>1</sub>(T4), Маргарита блюз F<sub>1</sub>(T6), Донской F<sub>1</sub>(T7), Афродита F<sub>1</sub>(T8), Мангусто F<sub>1</sub>(T9), Огонь F<sub>1</sub>(T10). Плоды черри были более твердыми на гидропонике, чем на грунте, как, Волшебная арфа F<sub>1</sub>(2), Эльф F<sub>1</sub>(T5). Среди крупноплодных гибридов Румяный шар F<sub>1</sub>(T11).



T1-Капитан F<sub>1</sub>, T2-Волшебная арфа F<sub>1</sub>, T3-Коралловый риф F<sub>1</sub>, T4-Алая каравелла F<sub>1</sub>, T5-Эльф F<sub>1</sub>, T6-Маргарита блюз F<sub>1</sub>, T7- Донской F<sub>1</sub>, T8-Афродита F<sub>1</sub>, T9-МангустоF<sub>1</sub>, T10-Огонь F<sub>1</sub>, T11-Румяный шар F<sub>1</sub>

**Рисунок 22 -Влияние технологии выращивания томатов на твердость плодов, через 112 суток после появления всходов (единиц), 2021г.**

### 3.2.3.3 Влияние технологии выращивания томатов на дегустационную оценку плодов

Наиболее высокий показатель дегустационной оценки плодов томатов был у гибрида черри Эльф F<sub>1</sub>(Т5), который составил 4,96 и 4,97 балла на Фитопирамиде и в грунте, соответственно (Таблица 22). Самые низкие оценки по вкусовым качествам были отмечены у гибридов Маргарита блюз F<sub>1</sub>(Т6) – 4,12 балла в условиях Фитопирамиды и Огонь F<sub>1</sub>(Т10) 4,24 балла в грунте.

Таблица 22 - Результаты дегустационной оценки плодов томатов, на 107 сутки после появления всходов, (Фитопирамида и грунт) (баллы)- 2021 г.

№	Гибрид	Грунт	№	Гибрид	Фитопирамида
T5	Эльф F <sub>1</sub>	4,97	T5	Эльф F <sub>1</sub>	4,96
T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	4,95	T2	Волшебная арфа F <sub>1</sub>	4,74
T7	Донской F <sub>1</sub>	4,81	T10	Огонь F <sub>1</sub>	4,64
T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	4,77	T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	4,54
T3	Коралловый риф F <sub>1</sub>	4,68	T7	Донской F <sub>1</sub>	4,51
T1	Капитан F <sub>1</sub>	4,67	T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	4,5
T4	Алая каравелла F <sub>1</sub>	4,53	T1	Капитан F <sub>1</sub>	4,49
T8	Афродита F <sub>1</sub>	4,48	T8	Афродита F <sub>1</sub>	4,43
T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	4,36	T9	Мангусто F <sub>1</sub>	4,43
T9	Мангусто F <sub>1</sub>	4,26	T11	Румяный шар F <sub>1</sub>	4,32
T10	Огонь F <sub>1</sub>	4,24	T6	Маргарита блюз F <sub>1</sub>	4,12
	среднее	4,61		среднее	4,52

Вкус и аромат томатов зависят от баланса между основными соединениями, такими как сахара, органические кислоты, вторичные метаболиты (каротиноиды и полифенолы) (Lipiec et al., 2013). Имеются утверждения, что общее количество растворимых сухих веществ является благоприятным фактором для формирования вкуса томатов (Suárez et al., 2008). Вкус является наиболее важным признаком для потребителя свежих овощей, и сбалансированное соотношение сахара/кислоты имеет важное значение (Кондратьева и др., 2021). Высокое содержание сахаров и кислот требуется для лучшего, более насыщенного вкуса плодов томата. Тип сорта, расстояние между растениями, попадание солнечного света и стадия зрелости

являются важными факторами, определяющими качество и вкус плодов (Аль-Рукаби и др., 2022). На вкус плодов томатов в значительной степени влияют три основных фактора: сахара, в основном фруктоза и глюкоза; кислоты, в основном лимонная и яблочная; и многочисленные летучие вещества. Высокие уровни сахаров и кислот, соотношение между этими вкусовыми компонентами и наличие желаемого профиля определяемых летучих веществ в значительной степени способствуют общему аромату томатов (Baldwin et al., 1998). Следует отметить, что на грунтах и в условиях малообъемной технологии, даже при соблюдении всех правил питания, накопление сухих веществ идет по-разному. Средние дегустационные оценки по всем гибридам на 2-х технологиях показывают, что дегустаторы отдавали предпочтение плодам с грунта. Некоторые гибриды показали себя достаточно стабильно в условиях обеих технологий: (черри) Эльф F<sub>1</sub>, Волшебная арфа F<sub>1</sub>, (биф) Коралловый риф F<sub>1</sub>, (детерминантный, ультраранний) Донской F<sub>1</sub> и Афродита F<sub>1</sub>, (индетерминантный, кистевой) Алая каравелла F<sub>1</sub>. Такие гибриды, как (индетерминантный биф) Румяный шар F<sub>1</sub>, (индетерминантный крупноплодный) Маргарита блюз F<sub>1</sub> формируют более вкусные плоды в условиях грунтовой технологии. Гибриды Огонь F<sub>1</sub> и Мангусто F<sub>1</sub> показали более высокие оценки по вкусу плодов с Фитопирамиды.

Установлено, что содержание каротиноидов, а также липофильная антиоксидантная активность томатов в большей степени зависели от стадии созревания, чем от сорта, что, тем не менее, позволило выявить определённое влияние; томаты черри показали относительно высокий уровень каротиноидов и более высокие липофильные и гидрофильные антиоксидантные способности, чем другие типы томатов (Leonardi et al., 2000). Томаты черри – одни из наиболее важных типов для употребления в свежем виде. Все эти факторы играют ключевую роль в определении специфического профиля томатов черри. С другой стороны, сахара и органические кислоты, которые составляют значительную долю сухого вещества томатов, имеют большее значение для вкусовых качеств, чем для пищевой ценности томатов, причем антиоксиданты томатов играют важную роль в

последнем аспекте (Pagliarini et al., 2001). В нашем случае в дегустации участвовали плоды в полной стадии созревания, поэтому наибольшая разница в оценках определялась именно сортовыми особенностями и условиями выращивания. Так, по оценкам гибрида черри Эльф F<sub>1</sub> (красноплодный) можно заключить, что условия выращивания практически не оказывают влияние на проявление его высоких вкусовых качеств. Следовательно, это достаточно пластичный гибрид и его, как и черри гибрид Волшебная арфа F<sub>1</sub> (желтоплодный) можно рекомендовать для выращивания в широком диапазоне условий. Оба эти гибрида значительно превосходили по вкусу плодов крупноплодные гибриды.

Гибриды черри, будь то красного или желтого цвета, были ли они посажены на Фитопирамиде или в грунтовой теплице, были первыми среди гибридов по оценке дегустационной комиссии, и это связано с тем, что они были богаты сахарами и кислотами по сравнению с крупными плодами. В дополнение к этому у большинства гибридов, посаженных на грунте, было больше вкусных плодов, чем выращенных на гидропонике. Одним из объяснений может быть то, что в условиях Фитопирамиды может присутствовать дефицит освещенности. Это связано с плотностью посадки и расстоянием между растениями. По-видимому, увеличение расстояния увеличивает качественные и вкусовые характеристики плодов, так как наблюдается обратная зависимость между общей урожайностью в расчете на метр и качеством вкуса.

## ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЛИЯНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА НА РОСТ РАССАДЫ В УСЛОВИЯХ ФИТОТРОНА (КАМЕРА РОСТА) И СРАВНЕНИЕ МВТУ «ФИТОПИРАМИДА» ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ И ИСКУССТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ

### 4.1 Влияния спектрального состава на рост рассады в условиях фитотрона (камера роста)

#### 4.1.1 Биометрические наблюдения

##### 4.1.1.1 Высота растения

Спектральный состав света влияет на высоту растений томата, которая значительно отличалась по вариантам через 24, 31 и 39 сут. после появления всходов (Рис. 23). Самый высокий по показателю высоты растения был вариант зеленый+красный (З+К). Через 24 сут. после появления всходов он достиг величины 19,46 см. В варианте с монохроматическим красным (К) наибольшая высота растений отмечена через 31 и 39 сут. после появления всходов (23,81 см и 30,93 см соответственно). В варианте комбинированного квазимонохроматического синего (С) показатель высоты растений был наименьшим через 24 и 31 сут. после появления всходов (9,83 см и 12,61 см соответственно). Показатель в варианте (С+К) был хуже: в этом варианте высота растений через 39 сут. после появления всходов составила 18,40 см. Самые высокие были растения гибрида Огонь F<sub>1</sub> через 24, 31 и 39 сут. после появления всходов: 15,64 см, 20,35 см и 29,00 см соответственно.

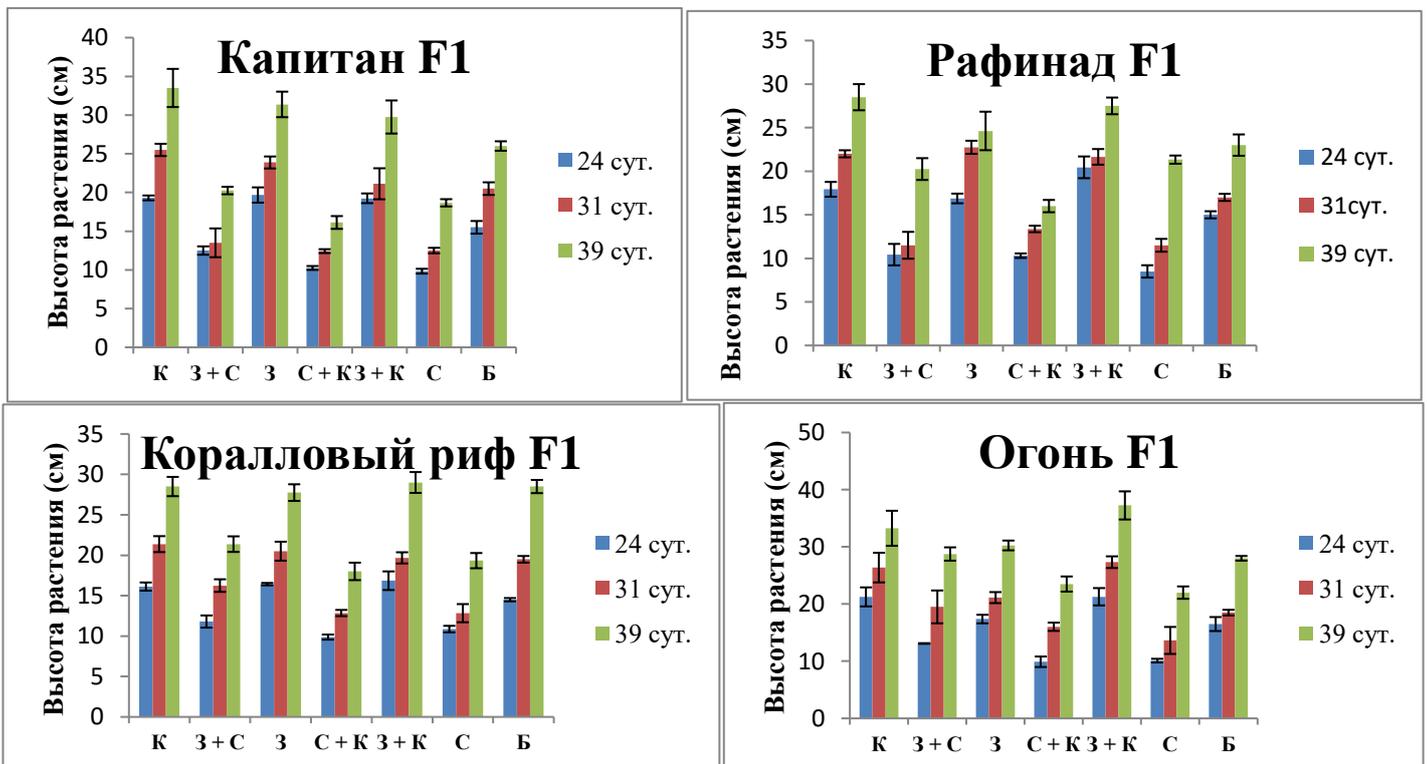


Рисунок 23- Высота растений (см) томатов в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) через 24, 31 и 39 сут. после появления всходов

При оценке на 24, 31 и 39 сут. после появления всходов отмечено, что варианты освещения зеленый+красный (З+К), квазимонохроматический красный (К), квазимонохроматический зеленый (З) влияли на высоту растений. Наименее эффективными оказались варианты - квазимонохроматический синий (С) и синий+красный (С+К). Варианты зеленый+красный (З+К), квазимонохроматический красный (К) и зеленый (З) способствовали интенсификации деления клеток, удлинению стебля и увеличению площади листьев, что отразилось и на росте корневой системы, интенсификации фотосинтеза и, следовательно, на высоте растений (Al-Rukabi et al., 2023). В варианте зеленый+красный (З+К) через 24 сут. после появления всходов отмечена более высокая эффективность, чем в вариантах с квазимонохроматическим красным (К) и зеленым (З), а через 31 и 39 сут. появления всходов в этом варианте отмечена уже меньшая эффективность, чем в варианте с квазимонохроматическим красным (К), и ещё более высокое влияние отмечено в варианте зеленый (З). Вариант синий+красный (С+К) через 24, 31 сут. после появления всходов показал меньший эффект, чем квазимонохроматический красный (К). В варианте синий (С), через 39 сут. после появления всходов отмечено меньшее влияние, чем у квазимонохроматического красного (К) и синего (С). Эффект в варианте зеленый + синий (З+С) через 24, 31 и 39 сут. после появления всходов был меньшим, чем при квазимонохроматическом зеленом (З), но более высоким, чем при синем (С).

Хорошо известно, что красная часть спектра способствует удлинению стебля, влияет на отношение корневой системы к побегу, на содержание хлорофилла, на работу фотосинтетического аппарата (Sæbø et al., 1995). Зеленый свет, по крайней мере, частично воспринимается криптохромами (рецепторами синей части спектра). Большая часть зеленого света отражается или проникает через укрывной материал. Растения, выращиваемые при зеленом освещении, имеют длинные междоузлия и повышенную температуру листьев (Bures et al., 2018). Общеизвестно ингибирование синей частью спектра роста листьев и увеличения длины

междоузлий, что приводит к формированию компактного растения (Hogewoning et al., 2010).

#### 4.1.1.2 Число листьев (шт.)

Спектральный состав света влияет на число листьев томата, которое значительно отличалось по вариантам через 24, 31 и 39 сут. после появления всходов (Рис. 24). Самый высокий по показателю числа листьев был вариант зеленый+красный (З+К). Через 24 сут. после появления всходов он достиг величины (5,44 шт). В варианте синий+красный (С+К) наибольшее число листьев отмечено через 31 сут. после появления всходов (7,06 шт). В варианте с квазимонохроматическим красным (К) наибольшее число листьев отмечено через 39 сут. после появления всходов (8,88 шт). В варианте комбинированного квазимонохроматического зеленого (З) показатель числа листьев был наименьшим через 24, 31 и 39 сут. после появления всходов (4,06 шт, 5,44 шт и 7,56 шт соответственно). Самый высокий показатель числа листьев был у растений гибрида Рафинад F<sub>1</sub> через 24 и 39 сут. после появления всходов (5,07 шт, 8,48 шт) соответственно. У Капитана F<sub>1</sub> через 31 сут. после появления всходов (6,55 шт).

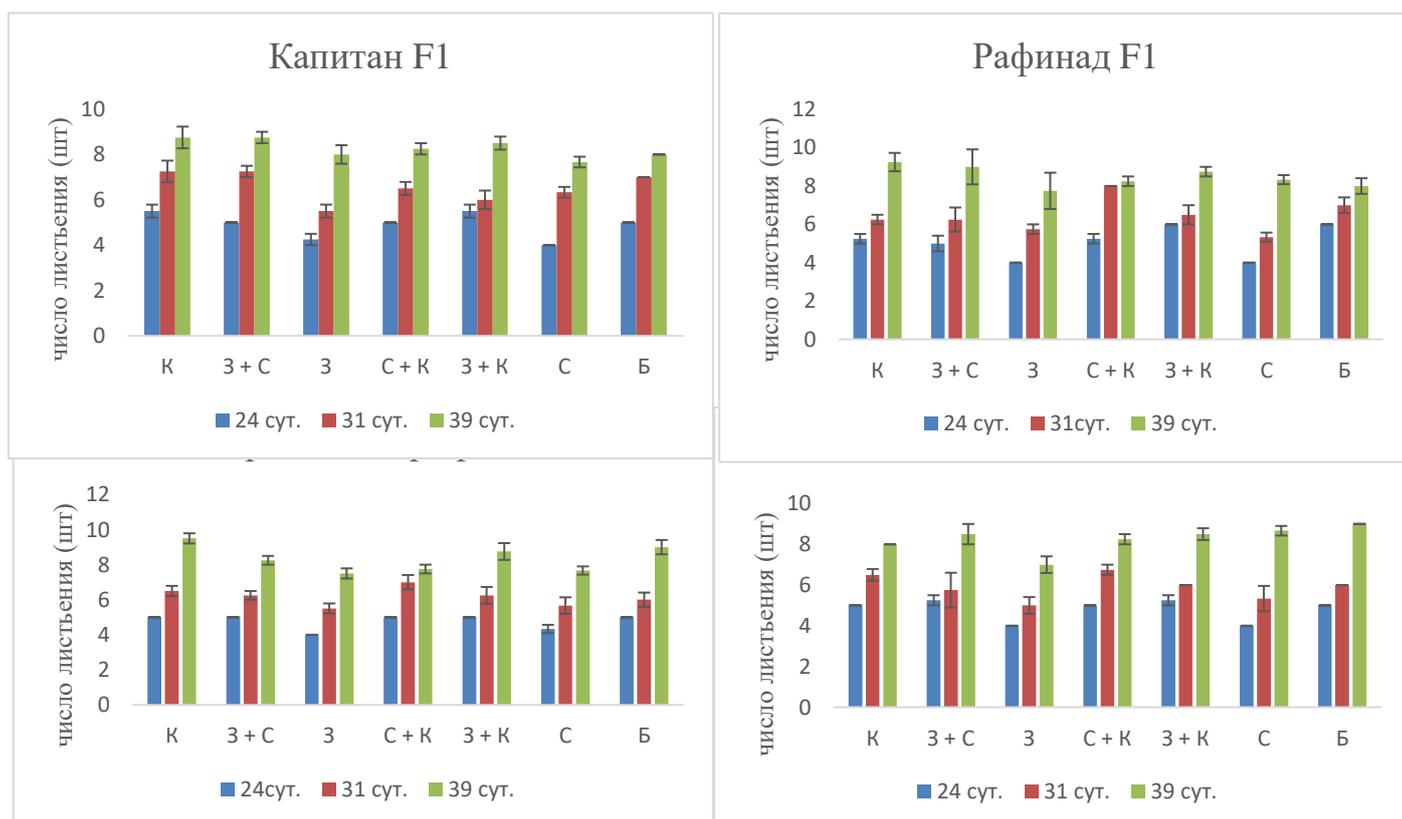


Рисунок 24- Число листьев у томатов (шт.) при разных вариантах освещения (СД-облучатели) через 24, 31 и 39 сут. после появления всходов

При учетах на 24, 31 и 39 сут. после появления всходов отмечено, что варианты освещения квазимонохроматический красный (К), зеленый+синий (З+С), зеленый+красный (З+К) и синий+красный (С+К), влияли на число листьев. Наименее эффективными оказались варианты - квазимонохроматический зеленый (З) и квазимонохроматический синий (С). Бинарное освещение зеленый+красный (З+К) через 21 сут. после появления всходов имело более высокий эффект, чем отдельное освещение квазимонохроматическим красным (К) и зеленым (З). Через 31 и 39 сут. после появления всходов этот же вариант дал меньший эффект, чем освещение квазимонохроматическим красным (К), но в то же время более высокий, чем при освещении зеленым (З). Вариант синий+красный (С+К) через 24 и 39 сут. после появления всходов показал меньший эффект, чем квазимонохроматический красный (К), но более высокий, чем при синем (С). Через 31 сут. после появления всходов отмечено большее влияние, чем у квазимонохроматического красного (К) и синего (С). Эффект от двойного освещения зеленый+синий (З+С) через 21, 31 и 39 сут. после появления всходов был более высоким, чем при квазимонохроматических зеленом (З) и синем (С).

Известно, что красный свет важен для удлинения побега / стебля, реакции на фитохромы и изменения в анатомии растения (Schuerger et al., 1997). Растения, выращенные при красном освещении, демонстрировали типичные характеристики влияния тени, а именно удлинение гипокотыля, увеличение междуузлий и поверхности листьев (Landi et al., 2020). Многочисленные эксперименты показали, что один только красный свет может способствовать синтезу пигментов и активных метаболитов у различных видов, улучшая питательные качества продукта. Красный свет взаимодействует с синим, регулируя реакцию растений, а оптимальное соотношение красного и синего повышает способность к фотосинтезу и улучшает рост и урожайность при правильной интенсивности освещения. Синие длины волн стимулируют процесс фотосинтеза, вызывая раскрытие устьиц и

перемещение хлоропластов, а также увеличивают накопление антиоксидантных соединений и пигментов в овощах и фруктах (Paradiso et al., 2022).

#### 4.1.1.3 Число листьев до первой кисти (шт.)

Спектральный состав света влияет и на увеличение числа листьев до первой кисти у растений томата. Этот показатель значительно отличался по вариантам через 39 сут. после появления всходов (Рис. 25). Самый высокий показатель увеличения числа листьев был вариант с квазимонохроматическим красным (К) – 7,75 шт. У растений, выращенных при комбинированном квазимонохроматическом зеленом (З) и синем (С) этот показатель был наименьшим – 0 шт. У гибрида Рафинад F<sub>1</sub> число листьев составило 7,45 шт. У растений гибрида Огонь F<sub>1</sub> этот показатель был наименьшим – 6,15 шт.

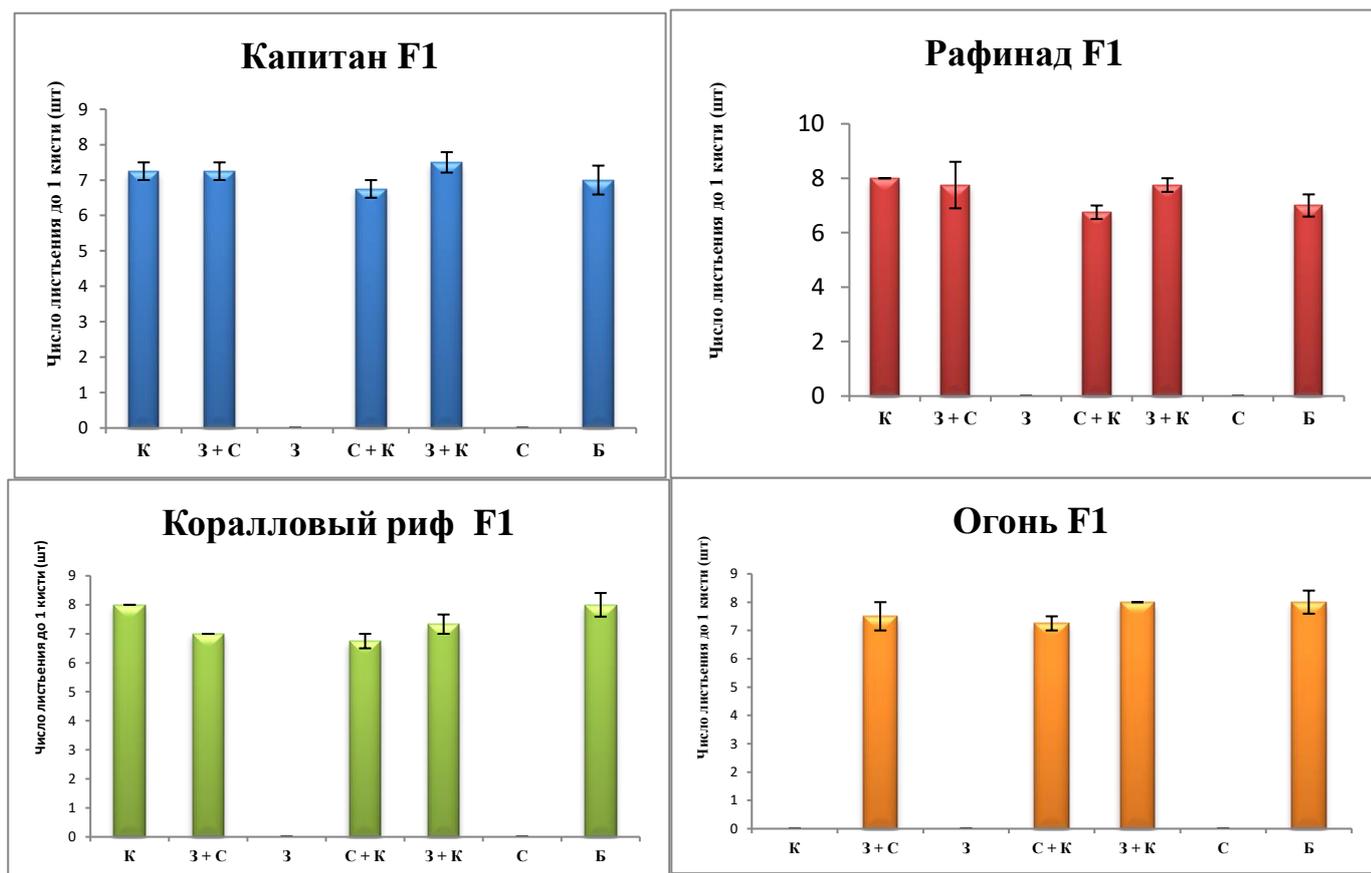


Рисунок 25- Число листьев до первой кисти (шт.) у растений томата в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) через 39 сут. после появления всходов

Вариант с освещением квазимонохроматическим красным (К) способствовал увеличению числа листьев до первой кисти, интенсификации клеточного деления, увеличению площади листьев и содержания питательных веществ в растении, повышению эффективности фотосинтеза, в результате это способствует раннему цветению и повышению урожайности. За ним следует вариант зеленый+красный (З+К), белый (Б). От влияния освещения квазимонохроматическим зеленым (З) и синим (С), эффект был наименьшим. Бинарный спектральный зеленый+красный (З+К) имел меньший эффект, чем квазимонохроматический красный (К), но более высокий, чем зеленый (З). Двойной синий+красный (С+К) имел меньший эффект, чем квазимонохроматический красный (К) и более высокий, чем синий (С). Эффект двойного зеленый + синий (З+С) был более высоким, чем у квазимонохроматических зеленого (З) и синего (С). Красный свет продлевает стадию деления клеток и, таким образом увеличивает количество листьев (Al-Mudaress et al., 1984). Листья с повышенной температурой поверхности, как правило, имеют и более высокое число листьев (Snowden et al., 2016).

#### 4.1.1.4. Площадь листьев (см<sup>2</sup>)

Светодиодное освещение значительно повлияло на площадь листьев у изучаемых гибридов через 31 и 39 сут. после появления всходов. Этот показатель имел значительные различия по вариантам (Рис. 26). Наивысший результат был в варианте с квазимонохроматическим красным (К) через 31 и 39 сут. после появления всходов – 244,00 см<sup>2</sup> и 513,56 см<sup>2</sup> соответственно. У растений, выращенных при комбинированном квазимонохроматическом зеленом (З), показатель площади листьев через 31 сут. после появления всходов составил 133,62 см<sup>2</sup>. В варианте синий+красный (С+К) показатель площади листьев через 39 сут. после появления всходов составил 290,81 см<sup>2</sup>. Лучшим по этому показателю был гибрид Капитан F<sub>1</sub> через 31 сут. после появления всходов, его площадь листьев составила 211,39 см<sup>2</sup>. Также лучшим по этому показателю был гибрид Коралловый риф F<sub>1</sub> через 39 дней после появления всходов, он достиг 458,58 см<sup>2</sup>. Наблюдалось существенное различие по вариантам гибридов.

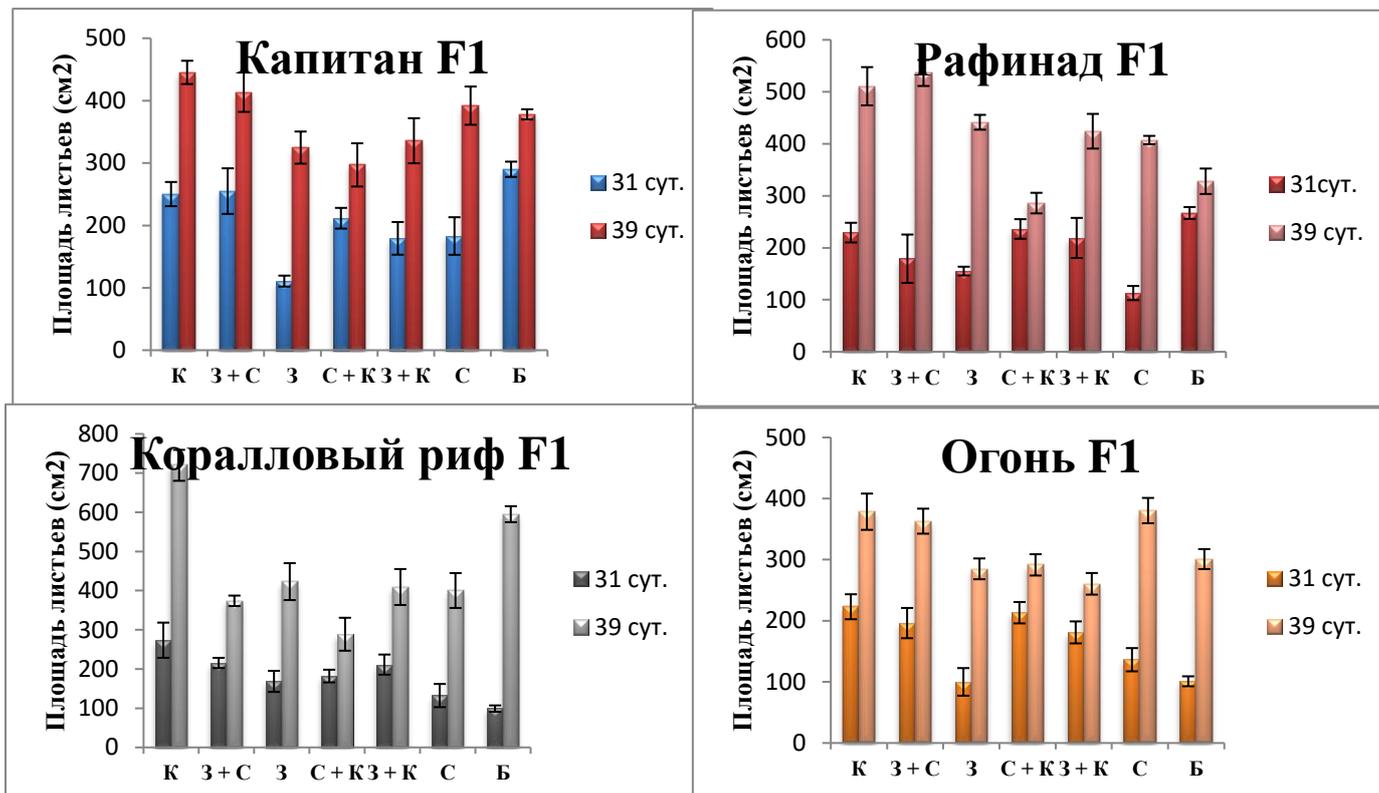


Рисунок 26 - Площадь листьев гибридов томата (см<sup>2</sup>) в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) через 31 и 39 сут. после появления всходов

Квазимонохроматическое красное освещение играет определенную роль в интенсификации клеточного деления, что приводит к увеличению площади листьев и усилению фотосинтеза, улучшению транспирации и, следовательно, увеличению длины побегов и корней. Бинарный вариант зеленый+красный (З+К) через 31 сут. после появления всходов имел меньший эффект, чем квазимонохроматический красный (К) и более высокий, чем зеленый (З). Но через 39 сут. после появления всходов он дал меньший эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и зеленый (З). Двойной свет синий+красный (С+К) через 31 сут. после появления всходов имел меньше эффекта, чем квазимонохроматический свет красный (К) и более высокий, чем синий (С). Но через 39 сут. после появления всходов он дал меньший эффект, чем при квазимонохроматических красном (К) и синем (С). Влияние в варианте с двойным светом зеленый + синий (З+С) через 31 и 39 сут. после появления всходов было более высоким, чем при квазимонохроматическом освещении зеленым (З) и синим (С).

Варианты с двойным (синий+красный) освещением сыграли определенную роль в формировании компактных листьев с увеличенной толщиной листа. В

меньшей степени отмечено влияние квазимонохроматического зеленого (З) и синего (С) освещения на площадь листьев. Зеленый свет увеличивает удлинение растения и уменьшает растяжение листа, а синий цвет подавляет удлинение стебля, уменьшает площадь листьев и уменьшает общую сухую массу.

#### 4.1.1.5 Длина гипокотыля (мм.)

Результаты таблицы 23 показывают значительную разницу в развитии гипокотыля у проростков томатов в ответ на различные варианты освещения. Наибольший эффект был при использовании квазимонохроматического красного (К) (72,81 мм) по сравнению с освещением (синий + красный) (С+К) (45,31 мм). Гибрид Огонь F<sub>1</sub> показал более высокую эффективность (64,11 мм) по сравнению с Рафинадом F<sub>1</sub> (52,50 мм). Наблюдалась значительная разница между взаимодействием гибридов и освещением.

Таблица 23- Влияние спектрального состава света на длину гипокотыля (мм) у проростков томата через 39 сут. после появления всходов

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	77,50±4,78	52,50±5,20	83,75±2,39	46,25±3,14	67,50±2,5	53,33±2,35	60,00±2,04	62,98±5,24
Рафинад F <sub>1</sub>	65,00±2,88	51,25±1,25	63,75±5,54	42,50±4,78	60,00±4,08	45,00±2,04	40,00±2,27	52,50±3,94
Коралловый риф F <sub>1</sub>	60,00±4,08	46,25±5,54	62,50±4,78	48,75±2,39	66,25±3,75	48,33±1,17	60,00±0,70	56,01±3,03
Огонь F <sub>1</sub>	88,75±5,90	68,75±5,15	71,25±5,54	43,75±3,75	71,25±5,15	45,00±2,04	60,00±2,04	64,11±6,03
В среднем по фактору В	72,81±6,46	54,69±4,87	70,31±4,87	45,31±1,38	66,25±2,33	47,92±1,96	55,00±5,00	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	5,344							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	7,070							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	14,140							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Красный свет сыграл важную роль в увеличении длины гипокотыля за счет увеличения длины стебля растения (Al-Rukabi et al., 2021). Затем последовало влияние квазимонохроматического зеленого света, двойного (зеленый + красный)

и освещение белым светом, а наименьший эффект имело освещение (синий + красный). Бинарный спектральный зеленый + красный (З+К) имел меньший эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и зеленый (З). Двойной синий + красный (С+К) имел меньший эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и синий (С). Эффект двойного зеленого + синего (З+С) был меньше, чем от квазимонохроматического зеленого (З), и выше, чем от синего (С). Известно, что красный свет влияет на удлинение стебля, соотношение корней к побегам, концентрацию хлорофилла и фотосинтеза [(Appelgren, 1991);(Aksenova et al., 1994);(Sæbø et al., 1995)]. В широком диапазоне поток скоростей света линейно увеличивает длину гипокотыля. Скорее всего, причиной является накопление флавиндениндинуклеотида (FAD) - неактивной формы криптохромов (Sellaro et al., 2010). Растения, растущие в синем свете, были короче и имели меньшие листья, которые были направлены вверх (Dieleman et al., 2019). У рассады огурцов, например, светодиоды с соотношением красного и синего, равным 1, могут увеличить скорость фотосинтеза и уменьшить длину гипокотыля (Hernández et al., 2016).

#### 4.1.1.6 Диаметр стебля (мм.)

На диаметр стебля у растений томата влияет спектральный состав света. Условия искусственного освещения сильнее влияют на диаметр стебля. Диаметр стебля растений томата показал значительную разницу в зависимости от воздействия различного освещения (Таблица 24). Наибольший диаметр стебля наблюдался в варианте синий + красный (С+К) (6,16 мм) по сравнению с квазимонохроматическим зеленым (З) (5,25 мм). Диаметр стебля также был больше у гибрида Рафинад F<sub>1</sub> (5,96 мм), чем у Огонь F<sub>1</sub> (5,15 мм). Не наблюдалось существенной разницы в эффекте взаимодействия между гибридами и освещением.

Таблица 24- Влияние спектрального состава света на диаметр стебля (мм.) у проростков томата через 39 суток после появления всходов

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	5,63±0,16	5,60±0,47	4,88±0,63	5,83±0,25	6,00±0,20	5,93±0,09	5,40±0,04	5,61±0,14
Рафинад F <sub>1</sub>	6,43±0,16	5,70±0,41	5,75±0,43	6,05±0,15	6,20±0,28	6,20±0,43	5,40±0,16	5,96±0,13
Коралловый риф F <sub>1</sub>	5,93±0,13	5,83±0,22	5,78±0,26	6,73±0,37	6,20±0,43	5,80±0,16	5,40±0,08	5,95±0,15
Огонь F <sub>1</sub>	4,63±0,30	5,23±0,47	4,60±0,48	6,03±0,14	4,95±0,49	4,80±0,28	5,80±0,16	5,15±0,21
В среднем по фактору В	5,65±0,37	5,59±0,12	5,25±0,30	6,16±0,19	5,84±0,29	5,68±0,30	5,50±0,09	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0,328							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	0,434							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	0,868							
(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.								

В варианте (синий + красный) отмечена важная роль в увеличении диаметра стебля за счет его влияния на морфологию растений, компактности листьев, компактности роста растений в длину и увеличения содержания сухого вещества. Затем следовал вариант (красный + зеленый), квазимонохроматические синий и красный, и наименее эффективным было зеленое освещение. Двойной спектральный зеленый+красный (З+К) имел больший эффект, чем квазимонохроматический красный (К), и меньший, чем зеленый (З). Двойной синий + красный (С+К) имел более высокий эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и синий (С). Эффект от двойного зеленого + синего (З+С) был выше, чем у квазимонохроматического зеленого (З), и меньше, чем у синего (С).

(Nanya et al., 2012), сообщает о том, что длина гипокотилия и удлинение стебля определялись интенсивностью синего света (Dănilă et al., 2016). Красный свет стимулирует рост растения в высоту, определяет развитие стебля и корня. Синий свет привел к укорачиванию растений, увеличению толщины стебля и увеличению сухого веса (Głowacka, 2004).

## 4.1.2 Биомасса сырая, сухая, содержание хлорофилла листьев

### 4.1.2.1 Биомасса сырая (г.)

Спектральный состав света влияет и на показатель сырой биомассы у растений томата. Этот показатель значительно отличался по вариантам через 39 суток после появления всходов (Рис. 27). Самый высокий по показателю сырой биомассы корневой системы, листьев и всего растения был вариант зеленый + синий (З+С). Показатели при этом составили 30,07 г, 11,20 г и 46,94 г соответственно. По показателю сырой биомассы стеблей самый высокий был получен в варианте зеленый + красный (З+К) (7,85 г). У растений, выращенных при комбинированном квазимонохроматическом зеленом (З), показатели сырой биомассы корневой системы, листьев и всего растения были наименьшими и составили 5,11г, 7,17 г и 18,57 г, соответственно. У выращенных при комбинированном освещении – синий +красный (С+К) – показатель сырой биомассы стебля был наименьшим: 4,70 г. Бинарное освещение способствовало увеличению сырой биомассы. Вариант с освещением зеленый+синий (З+С) усиливал интенсивность фотосинтеза, что приводило к увеличению содержания питательных веществ в растении, а также к увеличению толщины листа и улучшению процесса транспирации и раскрытия устьиц.

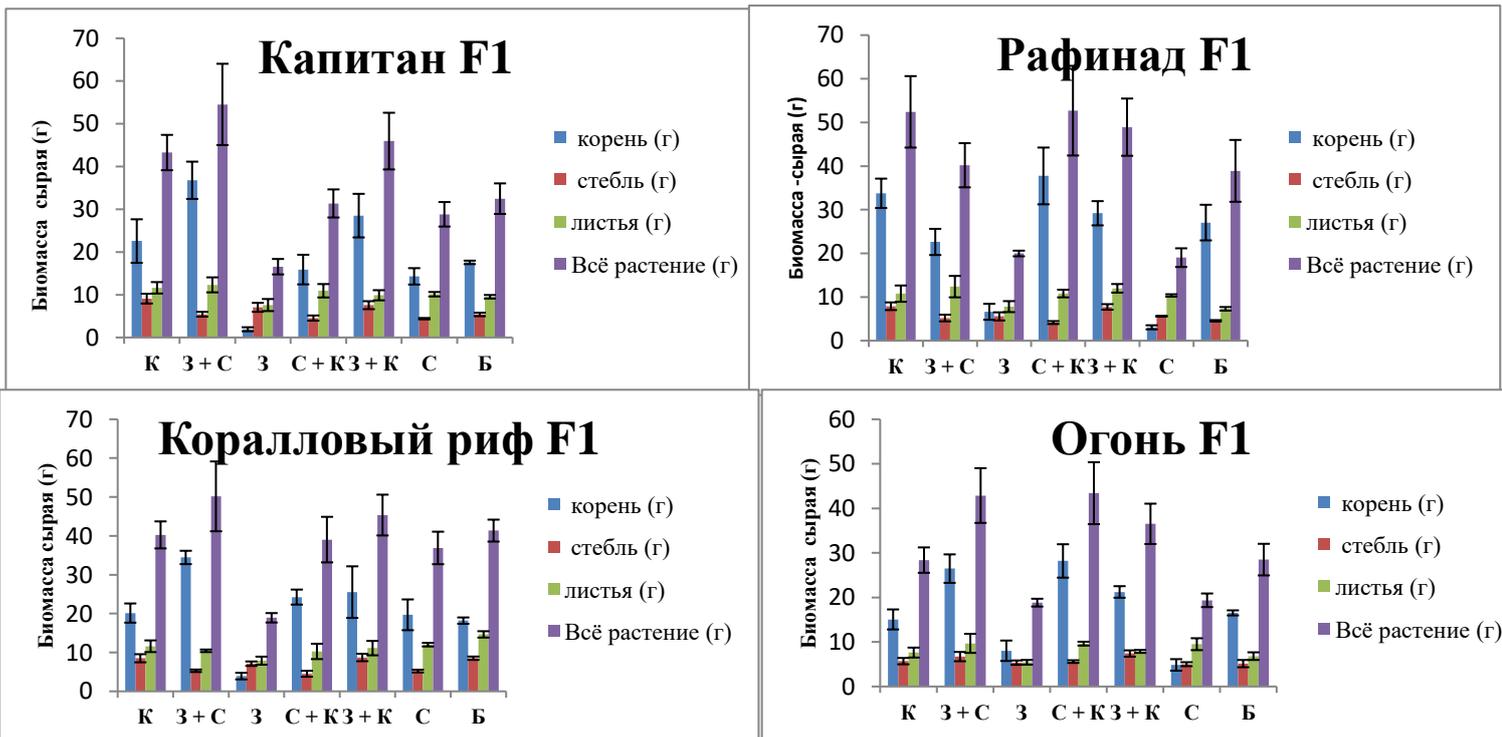


Рисунок 27- Биомасса сырая (г) гибридов томатов в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) через 39 суток после появления всходов

Все вместе это влияло на увеличение сырой биомассы. Далее по влиянию следуют варианты освещения: синий+красный (С+К), зеленый+красный (З+К) и квазимонохроматический красный (К). Вариант с квазимонохроматическим зеленым (З) освещением менее всего повлиял на показатель сырой биомассы. Вариант с бинарным освещением зеленый+красный (З+К) повлиял на сырую биомассу корневой системы и стебля больше, чем варианты с квазимонохроматическим освещением – красный (К) и зеленый (З). По массе листьев эффект был меньше, чем при квазимонохроматическом освещении красным (К), но более высоким, чем при синем (С). Двойное освещение синий+красный (С+К) больше влияло на показатель сырой биомассы корневой системы, чем освещение по отдельности квазимонохроматическими красным (К) и синим (С). Но в отношении сырой биомассы стебля эффект наоборот был меньше, чем при квазимонохроматическом красном (К) и синем (С). На сырую биомассу листьев влияние было таким же, как и при квазимонохроматическом красном (К), но меньшим, чем при синем (С). Влияние двойного освещения зеленый+синий (З+С) на показатели сырой биомассы корневой системы и листьев было более высоким, чем при квазимонохроматическом зеленом (З) и синем (С). Показатель сырой биомассы стебля был меньше при квазимонохроматическом зеленом (З) и более высоким при синем (С).

Зеленый свет проникает глубже к поверхности растения из-за его высокой проникающей способности и отражения и потенциально может увеличить фотосинтез всего растения, в то время как красный и синий свет поглощаются главным образом верхними листьями. Кроме того, зеленый свет индуцирует реакцию избегания тени и регулирует вторичный метаболизм растений (Dou et al., 2019). Выращивание рассады, обработанной синим светом, стимулировало рост растений. Возможно, это связано с высокой массой побегов и корней и высоким содержанием фотосинтетического пигмента (Johkan et al., 2010b). Открытие устьиц, вызванное красным светом, является результатом ответа замыкающих клеток на

комбинацию снижения в межклетниках концентрации CO<sub>2</sub> и прямого ответа хлоропластов замыкающих клеток на красный свет (Shimazaki et al., 2007).

Спектральный состав света влияет на показатель сырой биомассы стеблей (г) у растений томата через 24 суток после появления всходов (Табл. 25). Самый высокий показатель был в варианте зеленый+красный (З+К) (2,91 г.) по сравнению с квазимонохроматическим синим (С) (0,85 г.).

Таблица 25- Влияние спектрального состава света на биомассу сырую стеблей проростков томата через 24 суток после появления всходов (г)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	3,36±0,24	1,83±0,14	2,19±0,32	1,51±0,16	3,32±0,33	0,86±0,04	1,90±0,16	2,14±0,34
Рафинад F <sub>1</sub>	2,37±0,17	1,35±0,17	1,47±0,21	1,47±0,11	3,51±0,48	0,56±0,07	2,00±0,20	1,82±0,35
Коралловый риф F <sub>1</sub>	2,66±0,34	1,69±0,20	1,70±0,08	1,27±0,10	2,28±0,30	1,09±0,09	1,55±0,01	1,75±0,20
Огонь F <sub>1</sub>	2,81±0,17	1,87±0,24	1,55±0,17	1,30±0,20	2,50±0,38	0,88±0,07	1,79±0,08	1,81±0,25
В среднем по фактору В	2,80±0,20	1,68±0,11	1,73±0,16	1,39±0,06	2,91±0,30	0,85±0,10	1,81±0,09	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0,22							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	0,29							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	0,58							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Спектральный состав света влияет на показатель биомассы сырой стеблей (г) у растений томата через 31 сутки после появления всходов (Табл. 26). Самый высокий показатель был в варианте квазимонохроматический красный (К) (4,61 г.) по сравнению с квазимонохроматическим синим (С) (1,72 г.).

Таблица 26- Влияние спектрального состава света на биомассу сырую стеблей проростков томата через 31 сутки после появления всходов (г)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	5,95±0,19	2,63±0,67	3,09±0,28	2,28±0,17	4,34±0,15	1,95±0,27	4,13±0,42	3,48±0,53
Рафинад F <sub>1</sub>	3,84±0,20	2,31±0,56	3,14±0,11	2,69±0,22	4,72±0,24	1,46±0,14	3,10±0,24	3,04±0,39
Коралловый риф F <sub>1</sub>	4,27±0,58	2,77±0,15	3,17±0,45	2,01±0,16	3,09±0,34	1,69±0,40	2,00±0,12	2,71±0,33
Огонь F <sub>1</sub>	4,38±0,55	3,15±0,59	2,13±0,38	3,00±0,13	3,85±0,28	1,79±0,52	2,58±0,28	2,98±0,34
В среднем по фактору В	4,61±0,46	2,71±0,17	2,88±0,25	2,49±0,21	4,00±0,35	1,72±0,10	2,95±0,45	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0,34							
НСР <sub>05</sub> облучение фактор (В)	0,45							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	0,89							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Спектральный состав света влияет на показатель биомассы сырой листьев (г) у растений томата через 24 суток после появления всходов (Табл. 27). Самый высокий показатель был в варианте синий +красный (С+К) (3,74 г.) по сравнению с квазимонохроматическим зеленым (З) (1,16 г.).

Таблица 27- Влияние спектрального состава света на биомассу сырую листьев проростков томата через 24 суток после появления всходов (г)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	3,04±0,45	3,81±0,47	1,28±0,19	3,96±0,27	3,81±0,46	1,47±0,06	2,21±0,12	2,80±0,43
Рафинад F <sub>1</sub>	2,45±0,22	3,45±0,65	1,02±0,13	4,22±0,36	4,52±0,32	1,22±0,12	2,67±0,09	2,79±0,51
Коралловый риф F <sub>1</sub>	2,77±0,20	3,28±0,23	1,25±0,14	3,49±0,36	2,92±0,40	1,88±0,21	2,24±0,08	2,55±0,30
Огонь F <sub>1</sub>	2,07±0,23	3,97±0,75	1,11±0,14	3,28±0,44	2,45±0,50	1,70±0,17	2,24±0,09	2,40±0,30
В среднем по фактору В	2,58±0,20	3,63±0,15	1,16±0,06	3,74±0,21	3,43±0,45	1,57±0,14	2,34±0,11	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0,35							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	0,46							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	0,93							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Спектральный состав света влияет на показатель биомассы сырой листьев (г) у растений томата через 31 сутки после появления всходов (Табл. 28). Самый

высокий показатель был в варианте синий+красный (С+К) (6,57 г.) по сравнению с квазимонохроматическим зеленым (З) (2,61г.).

Таблица 28-Влияние спектрального состава света на биомассу сырую листьев проростков томата через 31 сутки после появления всходов (г)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	5,94±0,19	6,70±1,45	2,39±0,12	6,38±0,71	5,40±0,13	4,41±0,87	6,70±0,44	5,42±0,59
Рафинад F <sub>1</sub>	4,14±0,36	4,75±1,20	2,66±0,13	7,99±0,86	6,23±0,77	2,43±0,10	6,04±0,41	4,89±0,76
Коралловый риф F <sub>1</sub>	4,81±1,02	5,72±0,43	2,82±0,52	5,14±0,34	4,21±0,74	2,81±0,78	4,00±0,20	4,21±0,42
Огонь F <sub>1</sub>	4,14±0,55	5,49±0,57	2,56±0,21	6,77±0,44	4,09±0,49	2,80±0,74	4,05±0,42	4,27±0,55
В среднем по фактору В	4,75±0,42	5,66±0,40	2,61±0,08	6,57±0,58	4,98±0,51	3,11±0,44	5,20±0,69	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0.69							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	0.91							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	1.83							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Вариант с бинарным освещением зеленый+красный (З+К) через 24 и 31 сутки после появления всходов повлиял на сырую биомассу листьев больше, чем варианты с квазимонохроматическим освещением – красный (К) и с зеленым (З). Двойное освещение синий+красный (С+К) больше влияло чем освещение по отдельности Квазимонохроматическими красным (К) и синим (С). Влияние двойного освещения зеленый+синий (З+С) на показатели было больше, чем при квазимонохроматическом зеленом (З) и синим (С).

Было обнаружено, что красный свет увеличивает ветвление и стимулирует рост почек [(Lötscher et al., 1997);(Finlayson et al., 2010)]. Как красный, так и синий свет эффективны для усиления роста растений, поскольку они более эффективно поглощаются фотосинтетическими пигментами, чем другие области светового спектра. Поэтому неудивительно, что добавление светодиодов красного и/или синего света может увеличить вес свежих ростков и микрозелени растений [(Kopsell et al., 2014) ; (Lee et al., 2014);(Wu et al., 2007)]. Синий свет подавлял удлинение стебля, увеличивал содержание пигмента, уменьшал площадь листьев и

снижал общий сухой вес, когда дневной свет фильтровался с помощью синих полиэтиленовых пленок в теплице (Oyaert et al., 1999). Усиление синего света отрицательно влияет на удлинение растения и площадь листьев, подавляя деление и расширение клеток [(Dougher et al., 2004), (Liscum et al., 1992), (Nanya et al., 2012)].

#### 4.1.2.2 Биомасса сухая (г.)

Спектральный состав света влияет и на показатель сухой биомассы у растений томата, которая значительно отличалась по вариантам через 39 суток после появления всходов (Рис. 28). Самые высокие показатели при её анализе у корня, листьев и всего растения был в варианте зеленый+синий (З+С), его результаты составили 3,12 г, 1,95 г и 5,77 г соответственно. Самый высокий показатель сухой биомассы стебля был в варианте зеленый+красный (З+К). Его результат достиг 0,91 г. У растений, выращенных при комбинированном квазимонохроматическом зеленом (З) показатели сухой биомассы корня, листьев и всего растения были наименьшими и составили 0,63 г, 0,65 г и 1,63 г соответственно. Растения, выращенные при комбинированном квазимонохроматическом синем (С) показали наименьший результат по сухой биомассе стебля – 0,32 г. Наблюдалось существенное различие по вариантам гибридов.

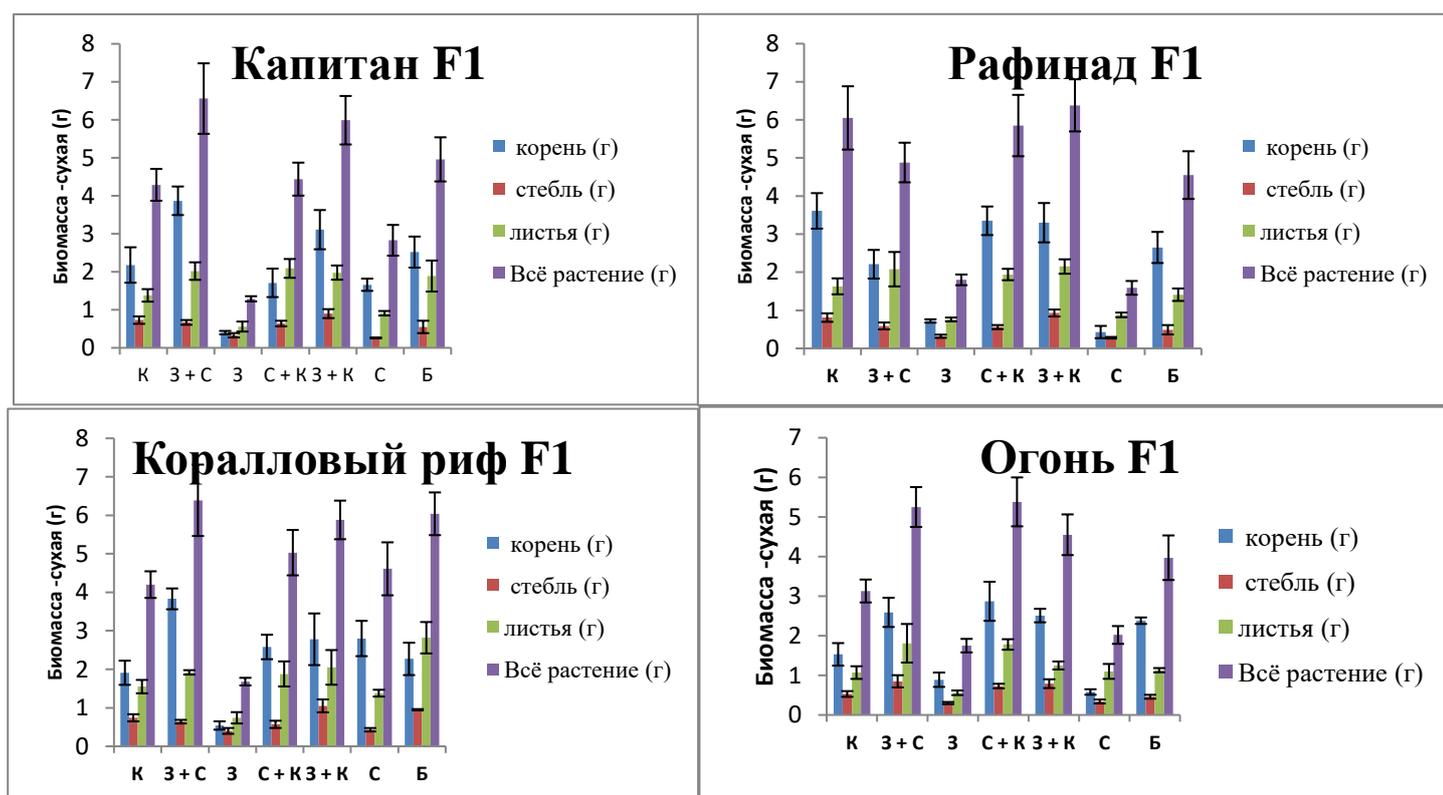


Рисунок 28- Сухая биомасса растений гибридов томата (г) в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) через 39 суток после появления всходов

Бинарное освещение способствовало увеличению сухой биомассы. Вариант с освещением зеленый+синий (З+С) способствовал повышению интенсивности фотосинтеза, что приводило к росту содержания питательных веществ в растении, а это отражалось на увеличении сухой биомассы. За ним по влиянию следуют варианты: синий+красный (С+К), зеленый+красный (З+К) и квазимонохроматический красный (К). Вариант с монохроматическим зеленым (З) освещением менее всего повлиял на сухую биомассу. Вариант с бинарным спектральным освещением зеленый+красный (З+К) в большей степени повлиял на сухую биомассу (корень, листья, стебель), чем варианты с квазимонохроматическим освещением красный (К) и зеленый (З). Вариант синий+красный (С+К) в большей степени повлиял на сухую биомассу (корень, листья), чем варианты с квазимонохроматическим красным (К) и синим (С), но по сухой биомассе стебля эффект был меньшим, чем в вариантах с квазимонохроматическим красным (К) и синим (С). Эффект от двойного освещения зеленый + синий (З+С) был более высоким (корень, листья, стебель), чем в вариантах с квазимонохроматическим светом – зеленым (З) и синим (С) по отдельности.

Более крупные листья в большей степени воспринимают поток света, что, возможно, привело и к значительному увеличению биомассы. Хотя красный свет эффективно стимулирует фотосинтез, некоторое количество синего света обычно необходимо для улучшения роста (прирост сухой массы) и минимизации реакции избегания тени, включая чрезмерно удлиненные стебли (Kim et al., 2005). Преобладание красного света в спектре увеличивает интенсивность вегетативного роста (Яковцева и др., 2015). Синий свет воспринимается фоторецепторами синего света, фототропинами и криптохромами. Фототропины опосредуют устьичную регуляцию и движение растений к свету. Криптохромы регулируют многие фотоморфологические реакции, такие, как ингибирование удлинения стебля.

Растения, выращенные под интенсивным синим облучением, имеют короткие междоузлия, высокое содержание сухого вещества и низкую температуру листьев (эффективная транспирация) (Bures et al., 2018). Зеленый свет является «сигналом к замедлению или остановке» (Fanwooua et al., 2019). В то же время толщина листьев уменьшалась с увеличением доли зеленого света (Dou et al., 2019).

Спектральный состав света влияет на показатель биомассы сухой стебля (г) у растений томата через 24 суток после появления всходов (Табл. 29). Самый высокий показатель был в варианте зеленый+красный (З+К) (0,13 г.), по сравнению с квазимонохроматическим синим (С) (0,01 г.).

Таблица 29- Влияние спектрального состава света на биомассу сухую стеблей проростков томата через 24 суток после появления всходов (г)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	0,10±0,01	0,05±0,01	0,02±0,01	0,08±0,01	0,16±0,03	0,01±0,00	0,05±0,00	0,07±0,02
Рафинад F <sub>1</sub>	0,05±0,01	0,02±0,01	0,01±0,00	0,05±0,01	0,15±0,01	0,01±0,00	0,05±0,01	0,05±0,02
Коралловый риф F <sub>1</sub>	0,06±0,01	0,04±0,01	0,02±0,01	0,05±0,01	0,11±0,02	0,01±0,00	0,03±0,01	0,04±0,01
Огонь F <sub>1</sub>	0,05±0,00	0,06±0,01	0,02±0,00	0,05±0,02	0,11±0,04	0,01±0,00	0,05±0,00	0,05±0,01
В среднем по фактору В	0,07±0,01	0,04±0,01	0,02±0,00	0,06±0,01	0,13±0,01	0,01±0,00	0,05±0,01	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0,017							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	0,022							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	0,044							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Спектральный состав света влияет на показатель биомассы сухой стебля (г) у растений томата через 31 сутки после появления всходов (Табл. 30). Самый высокий показатель был в варианте зеленый+красный (З+К) (0,29 г.), по сравнению с квазимонохроматическим синим (С) (0,06 г.).

Таблица 30: Влияние спектрального состава света на биомассу сухую стеблей проростков томата через 31 сутки после появления всходов (г)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	0,23±0,01	0,18±0,06	0,06±0,01	0,21±0,02	0,28±0,06	0,06±0,01	0,27±0,01	0,18±0,03
Рафинад F <sub>1</sub>	0,14±0,01	0,09±0,06	0,09±0,01	0,25±0,01	0,38±0,02	0,04±0,01	0,20±0,04	0,17±0,04
Коралловый риф F <sub>1</sub>	0,17±0,04	0,20±0,03	0,08±0,02	0,20±0,01	0,22±0,03	0,06±0,02	0,09±0,01	0,14±0,02
Огонь F <sub>1</sub>	0,18±0,05	0,25±0,05	0,05±0,01	0,29±0,01	0,30±0,03	0,07±0,02	0,20±0,04	0,19±0,04
В среднем по фактору В	0,18±0,01	0,18±0,03	0,07±0,01	0,23±0,02	0,29±0,03	0,06±0,01	0,19±0,04	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0.04							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	0.05							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	0.10							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Спектральный состав света влияет на показатель биомассы сухой листьев (г) у растений томата через 24 сутки после появления всходов (Табл. 31). Самый высокий показатель был в варианте зеленый+красный (З+К) и синий+красный (С+К) (0,38 г.), по сравнению с квазимонохроматическим зеленым (З) (0,04 г.).

Таблица 31- Влияние спектрального состава света на биомассу сухую листьев проростков томата через 24 суток после появления всходов (г)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	0,23±0,03	0,32±0,05	0,04±0,02	0,43±0,05	0,41±0,06	0,09±0,01	0,22±0,04	0,25±0,06
Рафинад F <sub>1</sub>	0,19±0,03	0,27±0,06	0,03±0,01	0,40±0,05	0,49±0,07	0,07±0,01	0,24±0,00	0,24±0,06
Коралловый риф F <sub>1</sub>	0,20±0,03	0,27±0,03	0,05±0,01	0,35±0,02	0,34±0,06	0,13±0,02	0,17±0,01	0,21±0,04
Огонь F <sub>1</sub>	0,16±0,01	0,39±0,10	0,05±0,01	0,34±0,06	0,31±0,10	0,26±0,07	0,19±0,02	0,24±0,04
В среднем по фактору В	0,20±0,01	0,31±0,03	0,04±0,00	0,38±0,02	0,38±0,04	0,14±0,04	0,21±0,02	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0.05							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	0.06							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	0.13							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Спектральный состав света влияет на показатель биомассы сухой листьев (г) у растений томата через 31 сутки после появления всходов (Табл. 32). Самый высокий показатель был в варианте синий+красный (С+К) (1,02 г.), по сравнению с квазимонохроматическим зеленым (З) (0,16 г.).

Таблица 32- Влияние спектрального состава света на биомассу сухую листьев проростков томата через 31 сутки после появления всходов (г)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	0,51±0,03	0,81±0,22	0,12±0,02	0,92±0,09	0,66±0,15	0,32±0,07	0,81±0,02	0,59±0,11
Рафинад F <sub>1</sub>	0,36±0,05	0,50±0,28	0,20±0,02	1,18±0,10	0,94±0,17	0,15±0,02	0,84±0,04	0,59±0,14
Коралловый риф F <sub>1</sub>	0,44±0,11	0,78±0,12	0,20±0,05	0,85±0,06	0,54±0,10	0,23±0,07	0,30±0,08	0,48±0,09
Огонь F <sub>1</sub>	0,46±0,07	0,83±0,08	0,12±0,04	1,12±0,08	0,66±0,05	0,32±0,13	0,27±0,01	0,54±0,13
В среднем по фактору В	0,44±0,02	0,73±0,07	0,16±0,02	1,02±0,07	0,70±0,08	0,26±0,04	0,56±0,15	
НСР <sub>05</sub> Сорт фактор (А)	0.12							
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)	0.15							
НСР <sub>05</sub> по (АВ)	0.30							

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Вариант с бинарным освещением зеленый+красный (З+К) через 24 и 31 сутки после появления всходов повлиял на биомассу сухую листьев больше, чем варианты с квазимонохроматическим освещением – красный (К) и зеленый (З). Двойное освещение синий+красный (С+К) больше влияло чем освещение по отдельности квазимонохроматическими красным (К) и синим (С). Влияние двойного освещения зеленый+синий (З+С) на показатели было больше, чем при квазимонохроматическом зеленом (З) и синем (С).

При более высоком уровне освещенности синим светом сухая масса томатов, огурцов и перца значительно уменьшалась по мере увеличения синего света (Snowden et al., 2016). Морфологически увеличение доли синего света приводит к более компактным растениям, о чем свидетельствует уменьшение высоты растений и площади листьев, и, таким образом, результирующее уменьшение массы сырого/сухого вещества и утолщение листьев (Stamford et al., 2023). Комбинация красных и синих светодиодов (соотношение К:С 1) увеличила скорость

фотосинтеза и количество устьиц у рассады томатов, а хлоропласты и клетки частоколообразной ткани были хорошо развиты (XiaoYing et al., 2011).

#### 4.1.2.3 Содержания хлорофилла листьев (SPAD)

Светодиодное освещение значительно повлияло на содержание хлорофилла листьев (SPAD) у изучаемых гибридов через 21, 31 и 38 суток после появления всходов. Показатель SPAD значительно отличался по вариантам (Рис. 29). Самый высокий показатель был у варианта синий+красный (С+К) через 21, 31 и 38 суток после появления всходов (620,06, 559,18 и 509,68 соответственно). У выращенных при комбинированном квазимонохроматическом зеленом (З) через 21, 31 и 38 суток после появления всходов показатель SPAD был наименьшим и составил 319,87, 327,25 и 346,56, соответственно. У нас самый высокий показатель был у гибрида Коралловый риф F<sub>1</sub>. Через 21 сутки после появления всходов показатель SPAD у него составил 437,69. У гибрида Рафинад F<sub>1</sub> через 31 и 38 суток после появления всходов этот показатель достиг 468,27 и 470,63. У гибрида Капитан F<sub>1</sub> через 21, 31 и 38 суток после появления всходов он был наименьшим и составил 386,57, 381,53 и 381,92, соответственно.

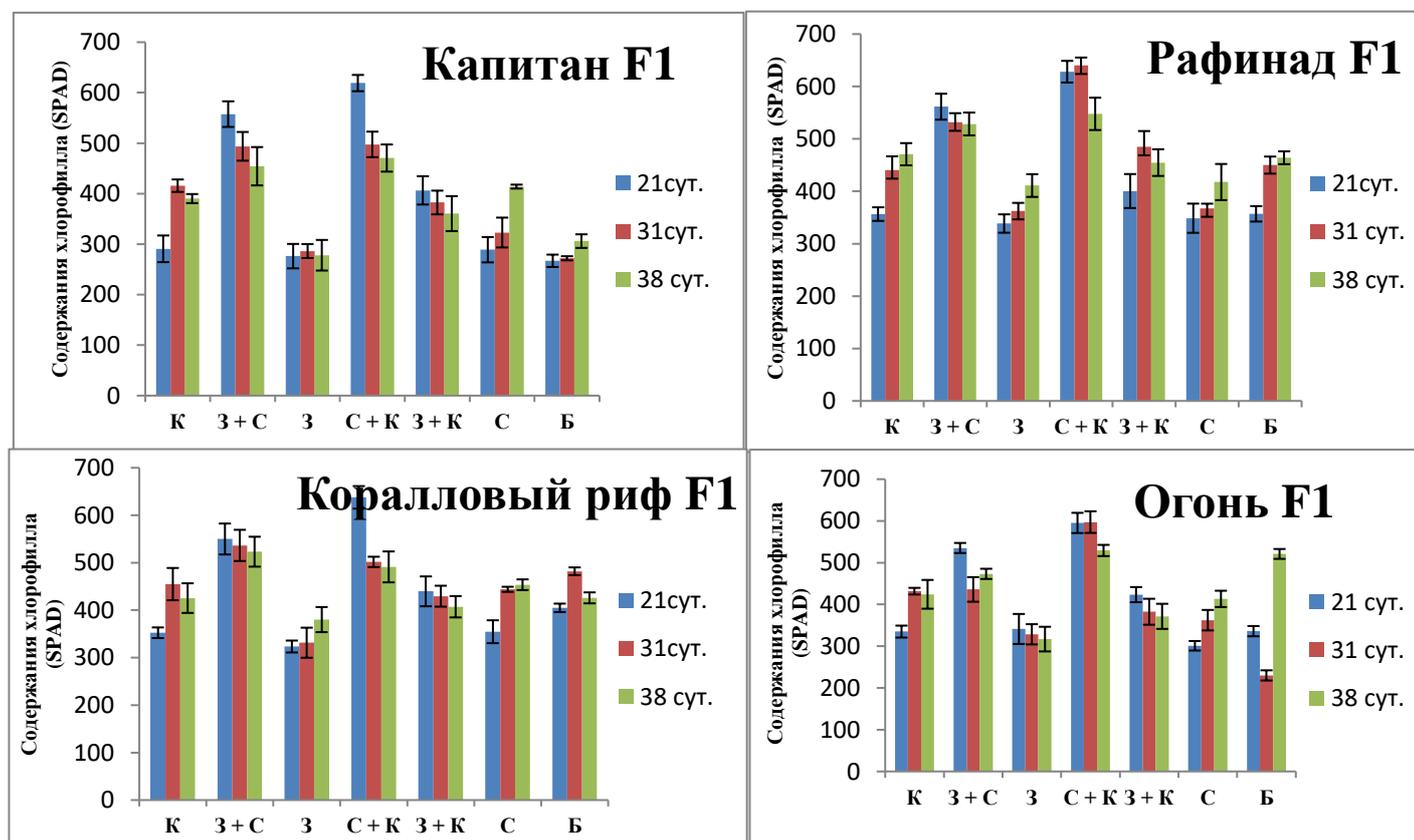


Рисунок 29 -Содержание хлорофилла (SPAD) в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) и гибридов томата через 21,31 и 38 суток после появления всходов

Дихроматическое освещение сыграло важную роль в увеличении содержания хлорофилла в листьях (Al-Rukabi et al., 2023). Вариант с освещением синий+красный (С+К) способствовал повышению интенсивности фотосинтеза, транспирации и увеличению содержания питательных веществ, улучшению открытия устьиц и повышению содержания сухой массы, а также увеличению толщины листьев, что влияло на рост содержания хлорофилла. За ним по влиянию следуют варианты зеленый+синий (З+С), зеленый+красный (З+К), квазимонохроматический красный (К), белый (Б). Вариант с квазимонохроматическим зеленым (З) менее всего повлиял на содержание хлорофилла. Бинарное освещение зеленый+красный (З+К) через 21 сутки после появления всходов имело более высокий эффект, чем отдельное освещение квазимонохроматическими красным (К) и зеленым (З). Через 31 и 38 суток после появления всходов этот же вариант показал меньший эффект, чем освещение квазимонохроматическим красным (К), но в то же время более высокий, чем при освещении зеленым (З). Двойное освещение синий+красный (С+К) через 21, 31 и 38 суток после появления всходов дало более высокий эффект, чем при квазимонохроматических красном (К) и синем (С). Эффект от двойного освещения зеленый+синий (З+С) через 21, 31 и 38 суток после появления всходов был более высоким, чем при квазимонохроматических зеленом (З) и синем (С).

Хлорофилл – пигмент, используемый для поглощения красного и синего света, а хлорофилл А – молекула, которая делает возможным фотосинтез (Hogewoning et al., 2010). Добавление синего света к фоновому красному может увеличить плотность расположения устьиц и размер устьичных отверстий по сравнению с монохроматическим красным светом. Синий свет оказывает прямое влияние на развитие устьиц, что еще больше влияет на фотосинтез. Красный свет считается наиболее эффективным для фотосинтеза (Wang et al., 2016). Синий же вызывает физиологические реакции через фототропины, включая фототропизм,

удлинение гипокотилия, увеличение площади листа, открытие устьиц, синтез ферментов, движения хлоропластов и экспрессию генов (Wang et al., 2009). Синий воспринимается непосредственно фототропинами и активирует сигналы, которые приводят к быстрому открытию устьиц на фоне красного освещения (Shimazaki et al., 2007).

### 4.1.3 Оценка функционального состояния (транспирация, фотосинтез, устьичная проводимость, ЧПФ)

#### 4.1.3.1 Транспирация

Светодиодное освещение значительно повлияло на транспирацию у изучаемых гибридов через 35 суток после появления всходов. Показатель транспирации значительно отличался по вариантам (Рис. 30). Самый высокий эффект был отмечен при квазимонохроматическом синем (С), он достиг 4,69 ммоль/м<sup>2</sup>×с, у растений, выращенных при комбинированном освещении зеленый+синий (З+С) он был наименьшим, составив 1,60 ммоль/м<sup>2</sup>×с. Самый высокий показатель транспирации был у гибрида Рафинад F<sub>1</sub>, он достиг 3,58 ммоль/м<sup>2</sup>×с. Наименьший результат отмечен у гибрида Коралловый риф F<sub>1</sub>: 2,49 ммоль/м<sup>2</sup>×с. Наблюдалось существенное различие по вариантам гибридов.

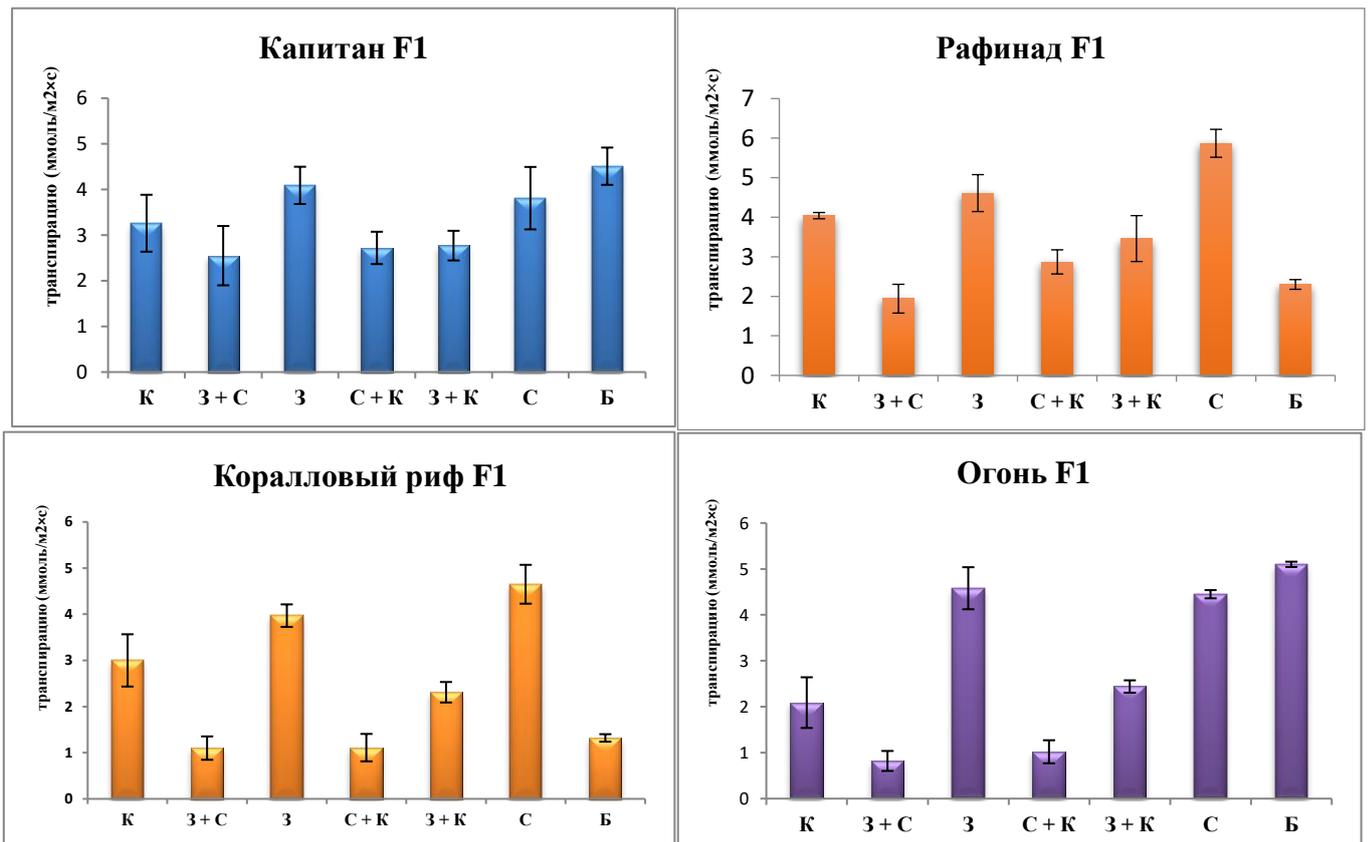


Рисунок 30 - Транспирация (ммоль/м<sup>2</sup>×с) в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) и гибридов томата через 35 суток после появления всходов

Квазимонохроматический свет в большей степени повышал интенсивность транспирации, чем бинарный. Квазимонохроматический синий (С) способствует улучшению открытия устьиц и движения хлоропластов. В тканях листа за счёт интенсификации фотосинтеза и увеличения общей скорости поглощения воды растением повышается и транспирация. За синим следуют квазимонохроматический зеленый (З), белый (Б), красный (К). Варианты с двойным освещением – зеленый+синий (З+С), синий+красный (С+К), зеленый + красный (З+К) – в наименьшей степени повлияли на интенсивность транспирации. Бинарный зеленый+красный (З+К) имел меньший эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и зеленый (З) по отдельности. Двойной синий+красный (С+К) имел меньший эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и синий (С) по отдельности. Эффект в варианте зеленый+синий (З+С) был меньшим, чем в вариантах с квазимонохроматическими зеленым (З) и синим (С). Синий свет способствует фототропизму за счет асимметричного роста, движения устьиц, ингибирования удлинения ствола, деполяризации мембран, активации генов, биосинтеза пигментов и движения хлоропластов внутри клеток, активирует НАТФазу в регуляции движения устьиц (Taiz et al., 2010).

#### 4.1.3.2 Фотосинтез

Светодиодное освещение значительно повлияло на фотосинтез у изучаемых гибридов через 35 суток после появления всходов. Интенсивность фотосинтеза значительно отличалась по вариантам (Табл. 33). Самый высокий по показателю фотосинтеза был вариант с белым освещением (Б), (3,12 мкмоль/м<sup>2</sup>×с. У растений, выращенных при комбинированном зеленом (З), показатель был наименьшим – 0,76 мкмоль/м<sup>2</sup>×с. У гибридов самый высокий по этому показателю был Капитан F<sub>1</sub> (2,75 мкмоль /м<sup>2</sup>×с). Наименьший показатель был у гибрида Огонь F<sub>1</sub> (1,97 мкмоль/м<sup>2</sup>×с). Наблюдалось существенное различие по вариантам гибридов.

Таблица 33- Интенсивность фотосинтеза в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) и гибридов томата через 35 суток после появления всходов (мкмоль/м<sup>2</sup>×с)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F <sub>1</sub>	1,92±0,21	2,65±0,18	1,02±0,13	3,22±0,28	2,85±0,11	2,73±0,06	4,9±0,40	2,75±0,45
Рафинад F <sub>1</sub>	2,15±0,42	2,32±0,41	0,57±0,11	2,9±0,17	3,55±0,44	3,03±0,10	4,2±0,40	2,67±0,43
Коралловый риф F <sub>1</sub>	2,4 ±0,08	2,8±0,1	0,85±0,10	2,05±0,21	2,87±0,28	2,43±0,35	2,5±0,04	2,27±0,25
Огонь F <sub>1</sub>	2 ±0,42	1,65±0,34	0,62±0,14	2,75±0,28	2,82±0,22	3,1±0,14	0,89±0,24	1,97±0,36
В среднем по фактору В	2,11±0,10	2,35±0,25	0,76±0,10	2,73±0,24	3,02±0,17	2,82±0,15	3,12±0,89	
НСР <sub>05</sub> Гибрид фактор (А)		0,36						
НСР <sub>05</sub> Освещение фактор (В)		0,48						
НСР <sub>05</sub> по (АВ)		0,96						

(К) Красный, (З + С) Зеленый + синий, (З) зеленый С + К) Синий + красный, (З + К) Зеленый + красный, (С) синий, и (Б) Белый.

Вариант с белым светом (Б) способствовал увеличению числа и площади листьев, повышению содержания хлорофилла и таким образом повышал интенсивность фотосинтеза, что отразилось на содержании питательных веществ и соотношении CO<sub>2</sub>. За ним следуют варианты: зеленый+красный (З+К), квазимонохроматический синий (С). Вариант квазимонохроматический зеленый (З) оказал наименьшее влияние на фотосинтез. Бинарный спектральный зеленый+красный (З+К) дал более высокий эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и зеленый (З) по отдельности. Двойной свет синий+красный (С+К) дал более высокий эффект, чем квазимонохроматический красный (К), но меньший, чем синий (С). Эффект двойного освещения зеленый+синий (З+С) был выше, чем от квазимонохроматического зеленого (З), но меньше, чем от синего (С).

Фотосинтез - это квантовый процесс, в котором, в пределах интервала фотосинтетически активного излучения (PAR) квантовая эффективность (или интенсивность фотосинтеза) зависит от количества поглощенных фотонов. В практике измерения радиации в безопасных наземных сооружениях значения

фотосинтетических фотонов в настоящее время активно применяются в теплицах с фотокультурой растений (Priкупets et al., 2018). У листьев был самый высокий уровень фотосинтеза, когда они подвергались воздействию белого света (Dieleman et al., 2019). Белый свет будет более эффективным по сравнению с синим или красным светом для создания полога фотосинтеза в теплицах с более плотным укрывным материалом (Lu et al., 2012). Низкоинтенсивный зеленый свет часто менее эффективно стимулирует фотосинтез на единицу площади листа, чем красный свет (McCree, 1971).

#### 4.1.3.3 Устьичная проводимость

Устьичная проводимость – показатель открытия устьиц, который представляет собой скорость прохождения входящего  $\text{CO}_2$  или водяного пара, выходящего через устьица листа (Taiz et al., 2010). Светодиодное освещение значительно повлияло на устьичную проводимость у изучаемых гибридов через 35 суток после появления всходов. Устьичная проводимость значительно отличалась по вариантам (Рис. 31). Самый высокий показатель был в варианте с монохроматическим синим (С) ( $0,30 \text{ моль/м}^2 \times \text{с}$ ). У выращенных при комбинированном освещении зеленый+синий (З+С) этот показатель был наименьшим:  $0,07 \text{ моль/м}^2 \times \text{с}$ . Среди гибридов наивысшей устьичной проводимостью отличался Рафинад  $F_1$  –  $0,22 \text{ моль/м}^2 \times \text{с}$ . Наименьшим этот показатель был у гибрида Коралловый риф  $F_1$  ( $0,13 \text{ моль/м}^2 \times \text{с}$ ). Наблюдалось существенное различие по вариантам гибридов.

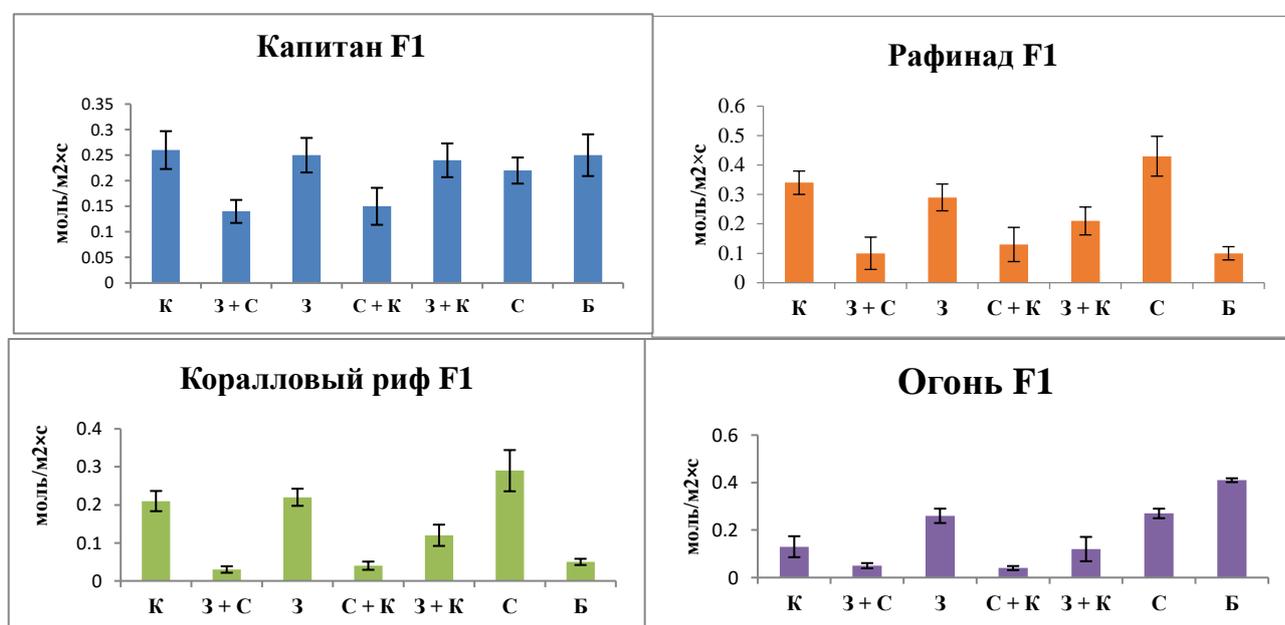


Рисунок 31 - Устьичная проводимость (моль / м<sup>2</sup>×с) в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) и гибридов томата через 35 суток после появления всходов

Квазимонохроматическое освещение способствовало увеличению устьичной проводимости. Вариант с квазимонохроматическим синим (С) был лучшим. За ним по влиянию следуют: квазимонохроматический зеленый (З), красный (К), белый (Б). Бинарное освещение – зеленый+синий (З+С), синий+красный (С+К), зеленый+красный (З+К) – в наименьшей степени повлияло на устьичную проводимость. Бинарный спектральный зеленый+красный (З+К) имел меньший эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и зеленый (З) по отдельности. Двойной свет синий+красный (С+К) имел меньший эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и синий (С) по отдельности. Эффект от двойного освещения – зеленый+синий (З+С) был меньше, чем от квазимонохроматических зеленого (З) и синего (С).

Свет синей части спектра влиял на увеличение реакции поглощения СО<sub>2</sub>, входа свободного калия и других ионов в клетки, соответствующему притоку воды и набуханию клеток, таким образом, улучшая процесс газообмена, увеличивая открытие устьиц и прямую реакцию хлоропластов на клетки. Он также увеличивал транспирацию.

#### 4.1.3.4 Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) (г/м<sup>2</sup>. х сутки)

Урожай создается в процессе фотосинтеза, где солнечная энергия переходит в энергию биомассы растения. Данные по чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), представлены в таблице 34. Наилучшим по показателю ЧПФ1 был вариант синий+красный (С+К) (3,82 г/м<sup>2</sup>×сутки). Наилучшим по показателю ЧПФ2 был вариант зеленый+красный (З+К). Он достиг 7,94 г/м<sup>2</sup>×сутки. У растений, выращенных при комбинированном зеленом (З) и ЧПФ1 и ЧПФ2 были наименьшими: 1,09 г/м<sup>2</sup>×сутки и 3,88 г/м<sup>2</sup>×сутки соответственно.

Таблица 34- Чистая продуктивность фотосинтеза ЧПФ (0-31) и (31-39) (г/м<sup>2</sup>×сутки) в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) и гибридов томата

Вариант освещения (СД-облучатели)	Гибрид									
	ЧПФ 1					ЧПФ 2				
	Капитан F <sub>1</sub>	Рафинад F <sub>1</sub>	Коралловый риф F <sub>1</sub>	Огонь F <sub>1</sub>	Среднее	Капитан F <sub>1</sub>	Рафинад F <sub>1</sub>	Коралловый риф F <sub>1</sub>	Огонь F <sub>1</sub>	Среднее
К	1,89	1,41	1,44	1,87	1,65	4,92	6,55	4,23	3,94	4,91
З + С	2,50	2,11	2,92	3,54	2,77	6,33	7,31	6,71	7,09	6,86
З	1,03	1,16	1,08	1,08	1,09	4,03	3,36	3,61	4,50	3,88
С + К	3,43	3,90	3,70	4,24	3,82	7,89	5,11	7,47	5,47	6,49
З + К	3,39	3,87	2,30	3,40	3,24	9,39	6,83	9,45	6,10	7,94
С	1,34	1,03	1,38	1,86	1,40	3,43	4,74	7,17	5,05	5,10
Б	2,40	2,51	2,54	3,00	2,61	5,09	3,61	12,18	6,97	6,96
Сред.	2,28	2,28	2,19	2,71		5,87	5,36	7,26	5,59	

Варианты освещения: К – красный, З + С – зеленый + синий, З – зеленый, С+К – синий + красный, З+К – зеленый + красный, С – синий, Б – белый.

Варианты синий+красный (С+К), зеленый+синий (З+С), зеленый+красный (З+К) и белый (Б) значительно способствовали увеличению ЧПФ. Вариант зеленый+красный (З+К) дал более высокий эффект, чем квазимонохроматические красный (К) и зеленый (З). Бинарное освещение синий+красный (С+К) было более эффективным, чем квазимонохроматические красный (К) и синий (С). Результат в варианте зеленый+синий (З+С) также был более высоким, чем в вариантах с квазимонохроматическими зеленым (З) и синим (С).

Варианты с белым и бинарным освещением дали больший эффект, чем квазимонохроматическое освещение. Это выразилось в содержании сухой биомассы в растении и площади листьев. Варианты с красным и синим светом в наибольшей степени влияют на рост растений, потому что излучение в красной и

синей частях спектра представляет собой основной источник энергии для фотосинтетической ассимиляции  $\text{CO}_2$  в растениях. Красный свет – важный источник для увеличения количества и площади листьев, высоты растения и сухого вещества. Зеленый свет увеличивал эффективность красного цвета и, таким образом, повышал ЧПФ (Аль-Рукаби и др., 2023).

Красный свет наиболее эффективно влияет на фотосинтез, но одного красного света недостаточно для максимизации процесса фотосинтеза. Синий свет необходим для предотвращения "синдрома красного света" (Trouwborst et al., 2016). Сообщается о том, что как красная, так и синяя длины волн оказывают значительное влияние на рост и развитие растений. Эти длины волн в основном поглощаются фотосинтетическими пигментами, что приводит к ассимиляции углерода. Однако, эти длины волн также могут оказывать серьезное влияние на архитектуру и развитие растений (Chen et al., 2017). Было обнаружено, что большее количество синего света в различных комбинациях красного и синего привело к увеличению массы листьев на единицу площади, содержанию хлорофилла на единицу площади листа, скорости чистого фотосинтеза листьев и проводимости устьиц, но уменьшило высоту растения, длину гипокотыля и эпикотыля, площадь листьев, сырую и сухую массу (Bantis et al., 2018). Использование квазимонохроматического света может вызвать серьезные изменения в фотоморфогенезе из-за несбалансированной активации фоторецепторов, которые опосредует светозависимое развитие растений (Landi et al., 2020) .

## 4.2. Сравнение МВТУ «Фитопирамида» при естественном и искусственном освещении

### 4.2.1 Фенологические и биометрические наблюдения

#### 4.2.1.1 Влияние естественного и искусственного освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на число листьев до формирования 1 кисти, (шт.)

Результаты (Таблица 35) показывают влияние естественного и искусственного освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на число листьев до формирования 1 кисти, (шт.). Реакция растений была самой высокой при искусственном освещении по сравнению с естественным светом. Реакция у гибрида Розанна F<sub>1</sub> по этому показателю была (8,00 шт.) по сравнению с естественным освещением (6,50 шт.).

Таблица 35- Влияние естественного и искусственного освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на число листьев до формирования 1 кисти, (шт.)

Сорт/гибрид	Число листьев до формирования 1 кисти, (шт.)		
	Фитопирамида (искусственное освещение) (СД (С+К)+НЛВД), 2023	Фитопирамида (естественное освещение ), 2020	Сокращение, или увеличение , (шт.)
Пламенный F <sub>1</sub>	7,50±0,29	7,00±0,71	- 0,50
Розанна F <sub>1</sub>	8,00±0,41	6,50±0,50	+1,50

Диффузный свет более эффективен, чем прямой, поскольку распределяется лучше. Интенсивность света от вертикального источника сильно снижается после прохождения света через лист. Верхний лист получает 100 % света, лист, находящийся под верхним – 20 %, третий лист – всего 4 %. При искусственном освещении рекомендуется располагать источники света так, чтобы излучение падало под различными определенными углами. В условиях светокультуры растения развиваются как в направленном и в диффузном светопотоке. (Тихомиров et al., 2000).

Реакция гибрида Розанна F<sub>1</sub> на увеличение числа листьев при искусственном освещении по сравнению с естественным и удлинение растения в высоту, была выше, чем у гибрида Пламенный F<sub>1</sub>.

#### 4.2.1.2 Влияние естественного и искусственного освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на высоту растения на уровне формирования 1 кисти (см.).

Результаты (Рис.32) показали влияние системы МВТУ (Фитопирамида) при естественном и искусственном освещении на высоту растения на уровне формирования 1 кисти (см.). Гибрид Пламенный F<sub>1</sub> был наименее отзывчив (67.50 см) при искусственном освещении по сравнению с естественным, (66,75 см) по высоте растений .

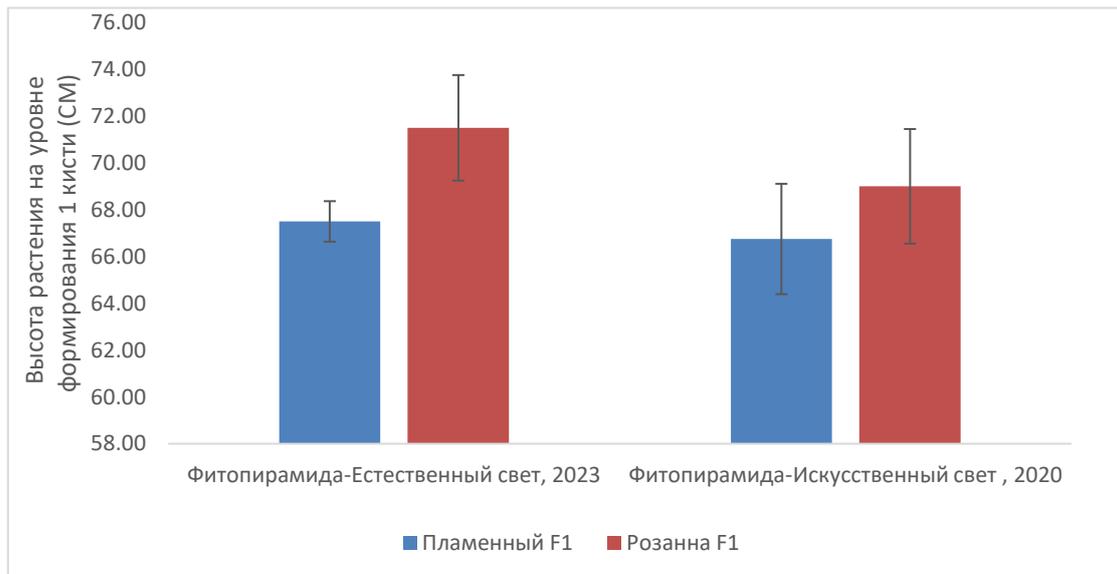


Рисунок 32- Влияние естественного и искусственного (СД (С+К)+НЛВД) освещения в условиях МВТУ на высоту растения на уровне формирования 1 кисти (см.)

Во время роста растения свет влияет на удлинение стебля, разветвление и расширение листьев, определяя архитектуру растения, и, наконец, способствует переходу к цветению, завязыванию плодов и производству семян (Paik et al., 2019). Высота растения была выше при искусственном освещении по сравнению с естественным освещением, влияние которого на удлинение было более сбалансированным. Селекционеру нужно укорачивать высоту растения, а это зависит от реакции гибрида.

#### 4.2.1.3 Влияние естественного и искусственного освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на срок начала цветения, (всходы-цветения), сут.

Результаты (Рис.33) показывают влияние естественного и искусственного освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на срок начала цветения. Реакция гибрида Пламенный F<sub>1</sub> была более ранняя при искусственном (32,00 сут.), по сравнению с естественным светом (34,00 сут.). Но реакция гибрида Розанна F<sub>1</sub> (38,50сут.) по сравнению с естественным светом (39,00 сут.), не была однозначной, и значения были близки как при искусственном, так и при естественном освещении.

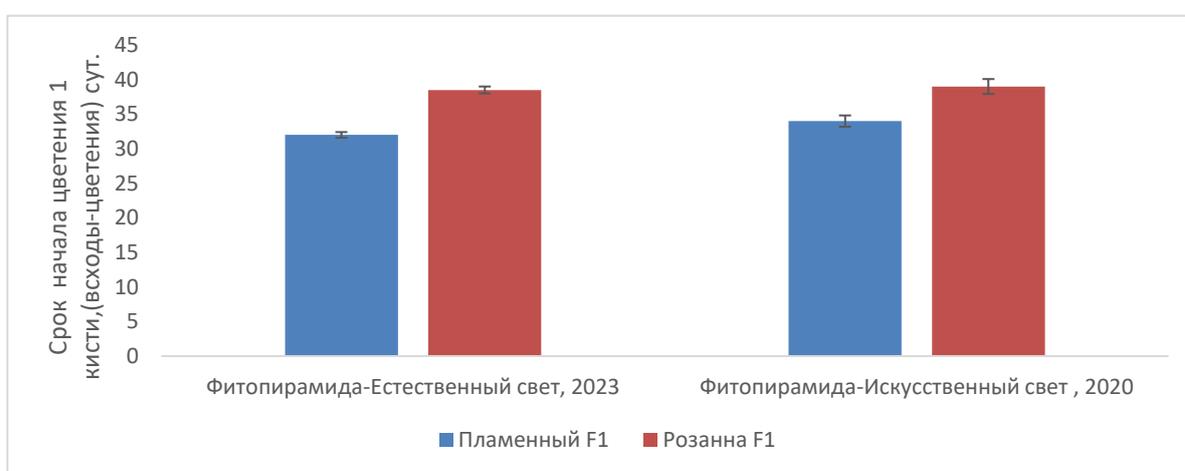


Рисунок 33- Влияние естественного и искусственного (СД (С+К)+НЛВД) освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на срок начала цветения, (всходы-цветения), сут.

Томат относится к группе светолюбивых культур. Несмотря на высокие требования к освещенности, большинство сортов и гибридов томатов обладают фотопериодической полунейтральностью, что позволяет возделывать их в различные сроки (Goto, 2003). Длительная пасмурная погода увеличивает период между цветением и созреванием плодов на 10-15 дней и ухудшает их вкусовые и товарные качества. Снижение освещенности на 1% уменьшает величину урожая на 1% (Брянцева, 1989).

Гибриды томатов различаются реакцией на искусственное освещение, и это зависит от характеристик гибрида. Есть гибрид, который реагирует на свет, а другой, не реагирует на такие показатели, как цветение и раннее созревание.

#### 4.2.1.4 Влияние естественного и искусственного освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на срок созревания (всходы-созревание), сут.

Результаты (Таблица 36) показали влияние естественного и искусственного освещения в условиях МВТУ (Фитопирамида) на срок созревания. По этому признаку гибрид Пламенный F<sub>1</sub> был самый ранний (77,50 сут.), по сравнению с естественным освещением (84,00 сут.). Анализ результатов гибрида Розанна F<sub>1</sub> не показал влияния на раннее созревание, и значения были близки и при искусственном и естественном освещении.

Таблица 36- Влияние систем освещения МВТУ на срок созревания (всходы-созревание), сут.

Сорт/гибрид	Срок созревания (всходы-созревание), сут.		Сокращение, или увеличение срока, сут.
	Фитопирамида (искусственное освещение) (СД (С+К)+НЛВД), 2023	Фитопирамида (естественное освещение), 2020	
Пламенный F <sub>1</sub>	77,50± 0,87	84,00± 1,08	+6,50
Розанна F <sub>1</sub>	93,50± 0,65	92,75± 1,11	-0,75

У гибрида Пламенный F<sub>1</sub> отмечено ускорение на неделю при искусственном освещении по сравнению с естественным освещением. Это привело к созреванию, что связано с эффектом освещения и реакцией гибрида. В отличие от гибрида Розанна F<sub>1</sub>, у которого реакции гибрида на скороспелость не отмечено, и значения были схожими в условиях и искусственного и естественного освещения.

#### 4.2.2. Урожайность и товарность, исследуемых томатов

Результаты (Таблица 37) показывают влияние естественного и искусственного освещения при выращивании на МВТУ (Фитопирамида) на урожайность и товарность, исследуемых томатов. Искусственное освещение оказало наибольшее влияние томатов на число плодов у исследуемых гибридов. Так, у гибрида Пламенный F<sub>1</sub>, было получено 13,00 штук по сравнению с естественным освещением, где было получено 8,23 штук. Но у гибрида Розанна F<sub>1</sub> эта величина была примерно одинаковая и при искусственном и при естественном освещении. Что касается массы одного плода, то у гибрида Пламенный F<sub>1</sub>, естественное освещение оказало большее влияние, чем искусственное, 125,75 г.

против 110,03 г.. Но у гибрида Розанна F<sub>1</sub> наоборот, при искусственном освещении 176,30 г., а при естественном 155,00 г.. Таким образом, искусственное освещение оказало большее влияние, чем естественное, и привело к увеличению продуктивности товарной 1 растения и урожайности товарной. Продуктивность и урожайность гибрида Розанна F<sub>1</sub> была выше, чем у гибрида Пламенный F<sub>1</sub>, и составила (1609,23 г/раст) и (26,07 кг/м<sup>2</sup>) при искусственном освещении, а при естественном освещении (1412,50 г/раст) и (22,88 кг/м<sup>2</sup>).

Таблица 37 - Влияние естественного и искусственного освещения при выращивании на МВТУ (Фитопирамида) на урожайность, продуктивность и товарность, исследуемых гибридов

	Сорт/ гибрид	Фитопирамида (искусственное освещение) (СД (С+К)+НЛВД), 2023	Фитопирамида (естественное освещение), 2020	Сокращение, или увеличение
Число плодов стандарта (шт.)	Пламенный F <sub>1</sub>	13,00± 0,91	8,23± 1,21	+4,77
	Розанна F <sub>1</sub>	9,25± 0,75	9,12± 0,82	-0,13
Масса одного плода стандарта (г.)	Пламенный F <sub>1</sub>	110,03± 4,46	125,75± 10,55	-15,72
	Розанна F <sub>1</sub>	176,30± 9,30	155,00± 11,90	+21,30
Продуктивность товарная 1 растения (г/раст)	Пламенный F <sub>1</sub>	1412,03±37,67	1010,00±52,60	+402,03
	Розанна F <sub>1</sub>	1609,23±48,78	1412,50±84,20	+196,73
Урожайность товарная, кг/м <sup>2</sup>	Пламенный F <sub>1</sub>	22,87± 1,39	16,36± 1,68	+6,51
	Розанна F <sub>1</sub>	26,07± 1,09	22,88± 1,34	+3,19

Искусственное освещение повлияло на реакцию гибрида Пламенный F<sub>1</sub> по признаку числа плодов, но у гибрида Розанна F<sub>1</sub> влияние не отмечено. Масса одного плода у гибрида Пламенный F<sub>1</sub> была выше при естественном освещении, а у гибрида Розанна F<sub>1</sub> наоборот выше при искусственном освещении. Возможно, разная реакция гибридов связана с освещением и характеристиками гибрида. Искусственное светодиодное освещение (синий+красный) увеличило фотосинтез, накопление биомассы и содержание питательных веществ в растениях, что отразилось на увеличении урожайности растений и продуктивности. Для

обеспечения условий освещения на постоянном и оптимальном уровне в условиях Фитотрона (камера роста), в дополнение к благоприятным условиям для роста растений, чем в условиях теплицы при естественном освещении, а также из-за отсутствия затенения, которое возникает при вертикальном выращивании, особенно на нижних уровнях. Периоды и сезоны выращивания определяют уровень естественного освещения, поскольку он может быть низким из-за недостатка солнечного света или может быть высоким, но ниже оптимального уровня роста. В этом случае светодиодное освещение обеспечивало необходимый уровень освещения, поскольку оно считается энергосберегающим освещением и используется совместно с натриевыми лампами, которые дают температуру, необходимую для роста растений, то есть их использование дополняет друг друга (Аль-Рукаби и др., 2023). Отсюда можно сделать вывод, что искусственное освещение увеличивает производственные и качественные показатели, улучшает физиологические и хозяйственные процессы растения по сравнению с естественным освещением, или показатели роста могут не меняться в зависимости от реакции гибрида.

В 2020 году оценили урожайность у гибридов Пламенный F<sub>1</sub> и Розанна F<sub>1</sub> в плёночной теплице на грунте (Таблице 38). Самая высокая урожайность товарная была у гибрида Розанна F<sub>1</sub> в Фитопирамиде (естественное или искусственное освещение) по сравнению с грунтом (9,16 кг/м<sup>2</sup>). На грунте была выше масса одного плода стандарта у гибридов Пламенный F<sub>1</sub> и Розанна F<sub>1</sub>, (160,99,183,36) г., соответственно и продуктивность товарная 1 растения (2250,00, 2694,12) г/раст, соответственно, по сравнению с Фитопирамидой (естественное или искусственное освещение).

**Таблица 38 - Влияние выращивания томатов в плёночной грунтовой теплице на урожайность, продуктивность исследуемых гибридов- 2020 г.**

Сорт/гибрид	Масса одного плода стандарта (г.)	Продуктивность товарная 1 растения (г/раст)	Урожайность товарная, кг/м <sup>2</sup>
Пламенный F <sub>1</sub>	160,99±14,48	2250,00± 84,42	7,65±1,46
Розанна F <sub>1</sub>	183,36± 12,42	2694,12± 76,68	9,16±1,37

## **ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МВТУ «ФИТОПИРАМИДА» ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ И ИСКУССТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ.**

«Фитопирамида» – конкретная вегетационная установка (ВУ) со своими характерными, уникальными отличительными особенностями. При её использовании есть проблема неравномерности освещенности нижних и верхних ярусов, равно как в любых ценозах, особенно, высокорослых растений, в том числе растущих на шпалерах. Для решения проблемы неравномерности, необходимо было подкорректировать уровень освещенности с помощью дополнительного искусственного освещения.

Для этой цели было изучено влияние естественного и искусственного освещения в условиях установки «Фитопирамида». И, соответственно, экономически обосновано применение МВТУ «Фитопирамида» при естественном и искусственном освещении, а также сравнение с традиционной грунтовой технологией при естественном освещении.

Для соблюдения единообразия исследования в расчётах экономического обоснования при проведении опытов следует учитывать: при возделывании в теплице «Фитопирамида» вегетационный период 3 месяца, период сбора плодов 2 месяца; при возделывании в плёночной грунтовой теплице также вегетационный период 3 месяца, период сбора плодов 2 месяца, хотя в реальности он длиннее в два раза и более; в качестве объекта исследований во всех трёх технологиях использовались гибриды пригодные к условиям МВТУ, хотя по факту в плёночных весенних теплицах используются гибриды томата с другими хозяйственно-ценными признаками.

Нами был сделан вывод, что искусственное освещение увеличивает производственные и качественные показатели, улучшает физиологические и хозяйственные процессы растения по сравнению с естественным освещением, что показатели роста могут не меняться в зависимости от реакции гибрида.

Так как было определено влияние на рост и продуктивность растений, возделываемых на гидропонике, естественного и искусственного освещения то мы смогли рассчитать распределение затрат на один килограмм томата при естественном и искусственном освещении (Таблицы 39 и 40).

Таблица 39- Распределение затрат на 1 кг. томата, выращиваемого на МВТУ «Фитопирамида» (без учёта амортизации и налогов), цена с НДС в год, в рублях, среднее за 2020г. (естественное освещение)

№ п.п	Наименование статей прямых материальных затрат, руб.	Пламенный F <sub>1</sub>			Розанна F <sub>1</sub>		
		Площадь, 1 м <sup>2</sup>	Килограмм, 16,36	Удельный вес, %	Площадь, 1 м <sup>2</sup>	Килограмм, 22,88	Удельный вес, %
1	Минеральные удобрения	81,60		10,10	81,60		10,10
2	Средства защиты растений	10,20		1,26	10,20		1,26
3	Шмелиные семьи	8,20		1,01	8,20		1,01
4	Электроэнергия	153,0		18,95	153,0		18,95
5	Газ	нет		0,00	нет		0,00
6	Вода	1,53		0,19	1,53		0,19
7	Обслуживание технолог. процессов	163,27		20,22	163,27		20,22
8	Семена	32,40		4,02	32,40		4,02
9	ФОТ	285,71		35,39	400,0		35,39
10	Налоги с ФОТ	36,73		4,55	52,00		4,55
11	Материалы на эксплуатационные нужды	34,80		4,31	34,80		4,31
12	ИТОГО	807,44		100	937,00		100
13	Итого из расчёта на единицу продукции, руб.	49,35			40,95		

При естественном освещении в первую очередь оказывали влияние характеристика, признаки и свойства конкретного гибрида, а также и время использования установки, в наших исследованиях из двух изучаемых лучшим оказался гибрид Розанна F<sub>1</sub>. При более высокой урожайности и продуктивности себестоимость одного килограмма у растений данного гибрида оказалась значительно ниже.

Основные затраты при естественном освещении пришлись на следующие статьи: минеральные удобрения; электроэнергия; обслуживание технологического процесса; фонд оплаты труда. В совокупности на эти статьи пришлось около 85% от всех прямых материальных затрат.

Таблица 40-Распределение затрат на 1 кг. томата, выращиваемого на МВТУ «Фитопирамида» (без учёта амортизации и налогов), цена с НДС в год, в рублях, среднее за 2023 г. (искусственное освещение)

№ п.п.	Наименование статей прямых материальных затрат, руб.	Пламенный F <sub>1</sub>			Розанна F <sub>1</sub>		
		Площадь, 1 м <sup>2</sup>	Килограмм, 22,87	Удельный вес, %	Площадь, 1 м <sup>2</sup>	Килограмм, 26,07	Удельный вес, %
1	Минеральные удобрения	81,60		3,63	81,60		3,63
2	Средства защиты растений	10,20		0,45	10,20		0,45
3	Шмелиные семьи	Нет		0,00	Нет		0,00
4	Электричество	900,68		40,09	900,68		40,09
5	Газ	700		31,15	700		31,15
6	Вода	1,53		0,07	1,53		0,07
7	Обслуживание технолог. процессов	163,27		7,27	163,27		7,27
8	Семена	32,40		1,44	32,40		1,44
9	ФОТ	285,71		12,72	325,70		12,72
10	Налоги с ФОТ	36,73		1,63	42,34		1,63
11	Материалы на эксплуатационные нужды	34,80		1,55	34,80		1,55

12	ИТОГО	2246,92		100	2292,52		100
13	Итого из расчёта на единицу продукции, руб.	98,25			87,94		

При искусственном освещении также в первую очередь оказывали влияние характеристика, признаки и свойства конкретного гибрида, и в этом исследовании из двух изучаемых лучшим оказался гибрид Розанна F<sub>1</sub>. При более высокой урожайности и продуктивности себестоимость одного килограмма плодов томата данного гибрида оказалась ниже.

Основные затраты при искусственном освещении пришлись на следующие статьи: электроэнергия; вода; фонд оплаты труда. В совокупности на эти статьи пришлось около 84% от всех прямых материальных затрат. Причём следует отметить, что затраты на воду и электроэнергию составили 71%. Это, естественно, явилось следствием эксплуатации установки «Фитопирамида» в более холодное и с меньшим приходом солнечной энергии время года.

Таблица 41. Распределение затрат на 1 кг. томата, выращиваемого по традиционной грунтовой технологии (без учёта амортизации и налогов), цена с НДС в год, в рублях, среднее за 2020 г. (естественное освещение)

№ п.п.	Наименование статей прямых материальных затрат, руб.	Пламенный F <sub>1</sub>			Розанна F <sub>1</sub>		
		Площадь, 1 м <sup>2</sup>	Килограмм, 7,65	Удельный вес, %	Площадь, 1 м <sup>2</sup>	Килограмм, 9,16	Удельный вес, %
1	Минеральные удобрения	6,0		1,00	6,0		1,00
2	Средства защиты растений	30,00		4,82	30,00		4,82
3	Шмелиные семьи	нет		0,00	Нет		0,00
4	Электроэнергия, вода	180		29,10	180		29,10
5	Обслуживание технолог. процессов	20		3,22	20		3,22
6	Семена	32,40		5,22	32,40		5,22

7	ФОТ	180,70		45,30	194,70		45,30
8	Налоги с ФОТ	23,50		5,73	25,31		5,73
9	Материалы на эксплуатационные нужды	34,8		5,61	34,80		5,61
10	ИТОГО	507,4		100	523,21		100
11	Итого из расчёта на единицу продукции, руб.	66,33			57,12		

Сравнивая затраты на один килограмм продукции, полученные на гидропонике, при разном освещении, с затратами при выращивании томатов в грунтовой теплице при естественном освещении (Таблица 41), можно увидеть следующее. Естественно, что в этом случае, при двухмесячном сборе плодов во всех трёх вариантах, урожайность в грунтовой теплице была наименьшая, хотя и в этом варианте лучшим оказался гибрид Розанна F<sub>1</sub>, как и на гидропонике.

Основные затраты при выращивании на грунте пришлись на следующие статьи: электроэнергия; вода; фонд оплаты труда. В совокупности на эти статьи пришлось около 74,4% от всех прямых материальных затрат. Причём следует отметить, что затраты на оплату труда составили 51%. Такие различия, явились следствием того, что затраты на применение минеральных удобрений значительно меньше. Это связано с тем, что большую часть питательных элементов растения получают из почвы. Хотя и возросли, в 10 раз, затраты на применение минеральных удобрений. Затраты на использование воды возросли. Это обусловлено принципом работы МВТУ, где растения выращиваются в питательном растворе, то есть прямой полив им не нужен.

Таблица 42- Калькуляция прямых материальных затрат по исследуемым гибридам на МВТУ «Фитопирамида» при естественном освещении, 2020 год на 1 м<sup>2</sup>

№ п.п.	Наименование статей прямых материальных затрат, руб.	Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>
1	Семена	32,40	32,40
2	Шмелиные семьи	8,20	8,20
3	Минеральные удобрения	81,60	81,60
4	Средства защиты растений	10,20	10,20
5	Материалы на эксплуатационные нужды	34,80	34,80
6	Расходы на энергоносители, водоснабжение	154,53	154,53
7	Иные прямые материальные затраты	485,71	614,29
8	ИТОГО:	807,44	937,00
9	Выход продукции, кг.	16,36	22,88
10	Итого из расчёта на единицу продукции (руб.)	49,35	40,95

Таблица 43- Калькуляция прямых материальных затрат по исследуемым гибридам на МВТУ «Фитопирамида» при искусственном освещении, 2023 год на 1 м<sup>2</sup>

№ п.п.	Наименование статей прямых материальных затрат, руб.	Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>
1	Семена	32,40	32,40
2	Шмелиные семьи	Нет	нет
3	Минеральные удобрения	81,60	81,60
4	Средства защиты растений	10,20	10,20
5	Материалы на эксплуатационные нужды	34,80	34,80
6	Расходы на энергоносители и водоснабжение	1602,21	1602,21
7	Иные прямые материальные затраты	485,71	531,31
8	ИТОГО:	2246,92	2292,52
9	Выход продукции, кг.	22,87	26,07
10	Итого из расчёта на единицу продукции (руб.)	98,25	87,94

Таблица 44- Калькуляция прямых материальных затрат по исследуемым гибридам в плёночной грунтовой теплице при естественном освещении, 2020 год на 1 м<sup>2</sup>

№ п.п.	Наименование статей прямых материальных затрат, руб.	Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>
1	Семена	32,40	32,40
2	Шмелиные семьи	0	0
3	Минеральные удобрения	6	6
4	Средства защиты растений	30	30
5	Материалы на эксплуатационные нужды	34,80	34,80
6	Расходы на энергоносители, и водоснабжение	180	180
7	Иные прямые материальные затраты	224,2	240,01
8	ИТОГО:	507,4	523,21
9	Выход продукции, кг.	7,65	9,16
10	Итого из расчёта на единицу продукции (руб.)	66,33	57,12

В Таблицах 42 и 43 приведены фактические прямые материальные затраты при возделывании гибридов томата Пламенный F<sub>1</sub> и Розанна F<sub>1</sub> на установке «Фитопирамида» при естественном и искусственном освещении. Самой главной статьёй расчёта, по которой произошло десятикратное увеличение прямых материальных затрат при искусственном освещении - это были расходы на энергоносители и водоснабжение.

При выращивании на грунте, таблица 44, главными оказались затраты, связанные с поливом и оплатой труда.

Таблица 45- Расчёт рентабельности применения искусственного и естественного освещения при разных технологиях выращивания (%), на 1м<sup>2</sup>.

№ п.п.	Наименование статей расчета	Естественное освещение, МВТУ		Искусственное освещение, МВТУ		Естественное освещение, грунт	
		Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>	Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>	Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>
		2020	2020	2023	2023	2020	2020
1	Выход продукции, кг.	16,36	22,88	22,87	26,07	7,65	9,16
2	Себестоимость единицы продукции, руб.	49,35	40,95	98,25	87,94	66,33	57,12
3	Цена реализации, руб.	55	55	110	110	80	80
4	Прибыль (выручка), руб.	899,80	1258,40	2515,00	2867,70	612,00	732,80
5	Балансовая стоимость реализованной продукции, руб.	807,44	937,00	2246,92	2292,52	507,40	523,21
6	Рентабельность, %	11,44	34,30	11,93	25,09	20,61	40,06

Завершает главу расчёт рентабельности применения искусственного освещения при получении товарных плодов томата на установке «Фитопирамида» и при выращивании в плёночной теплице на примере двух гибридов, Пламенный F<sub>1</sub> и Розанна F<sub>1</sub>., Таблица 45.

Расчёт рентабельности применения искусственного освещения при получении товарных плодов томата на вегетационных установках «Фитопирамида» на примере двух гибридов Пламенный F<sub>1</sub> и Розанна F<sub>1</sub>., показал, что показатели рентабельности, рассчитанные нами, позволяют сделать вывод, что

возделывание томата рентабельно и при искусственном, где она составила от 11,93% до 25,09%, и при естественном освещении, где она составила от 11,44% до 34,30%. И, что важно, и в летнее, и в зимнее – весеннее время года.

При выращивании растений на грунте показатели рентабельности были другие, это в определённой степени связано с тем, что в грунтовой теплице не получают плодов с первого соцветия, а оборот в реальности длиннее, что влияет на общую урожайность. При традиционной технологии, используемой в мелкотоварном овощеводстве, применяется, как правило, один оборот, а при использовании МВТУ можно использовать не менее двух, а в некоторых регионах страны и три оборота, в светокультуре (весной и осенью) и реализацией продукции по более высоким ценам.

Определяющим является выбор конкретного гибрида для установки, что подтвердило правильность предыдущих исследований, на основе которых была предложена модель томата с определёнными признаками.

Также наши исследования показали «гибкость» способа выращивания томата на установке, технологические параметры которой позволяют делать производство томата рентабельным в разное время года, удлинять, или укорачивать оборот в зависимости от возможностей производителя, сложившейся цены на продукцию на рынке, цен на энергоносители. Всё это вместе, расширяет возможности защищённого грунта в России, особенно при мелкотоварном производстве, делает процесс производства томата более экологическим, чем при производстве на больших тепличных комбинатах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Гибрид Румяный шар  $F_1$  наиболее пригоден к условиям выращивания на вегетационных установках «Фитопирамида». Это подтверждает лучший результат по продуктивности (товарной и общей) и по массе одного плода, как стандарта, так и общей.
2. Срок созревания плодов в теплице на вегетационных установках «Фитопирамида» при естественном освещении, был меньше на 16-34 суток, чем в плёночной грунтовой теплице при одинаковом сроке плодоношения.
3. При многоярусной гидропонной технологии, у гибридов томатов, как черри, так и крупноплодных, урожайность товарная составила 12-31 кг/м<sup>2</sup> за 2 месяца плодоношения, а в плёночной грунтовой теплице 5-10 кг/м<sup>2</sup>.
4. Стандартная масса плодов увеличивалась на 64 г., а продуктивность растений на 1600 г/раст. в плёночной грунтовой теплице, по сравнению с выращиванием на вегетационных установках «Фитопирамида».
5. Гибриды черри Эльф  $F_1$ , и Волшебная арфа  $F_1$  были лучшими по дегустационной оценке в условиях, как при грунтовой технологии 4,97 и 4,95 балла, так и при гидропонном выращивании 4,96 и 4,74 балла. У большинства гибридов плоды были более твердыми в грунте, чем на гидропонике, плоды черри были более твердыми на гидропонике, чем на грунте.
6. Квазимонохроматический красный (К) оказывал самый высокий эффект на высоту растения (30,93 см), число листьев до 1 кисти (7,75 шт.) и площади листьев. Он сыграл важную роль в увеличении длины гипокотилия (72,81 мм), способствовал интенсивности деления клеток, удлинению стебля. Квазимонохроматический синий (С) свет оказывал высокий эффект на увеличение транспирации (4,69 ммоль/м<sup>2</sup>×с) и устьичной проводимости (0,30 ммоль/м<sup>2</sup>×с), способствовал увеличению реакции поглощения CO<sub>2</sub>, и, таким образом, улучшал процесс газообмена, увеличивая открытие устьиц. Самый высокий уровень фотосинтеза был при воздействии белого света (3,12 мкмоль/м<sup>2</sup>×с).

7. Дихроматический свет лучше отвечал требованиям растений по сравнению с монохроматическим светом в следующих вариантах: зеленый+красный увеличивал ЧПФ2, сырую биомассу стеблей (7,85 г); красный+синий оказал высокий эффект по ЧПФ1. Красная и синяя части спектра являются основным источником энергии для фотосинтетической ассимиляции  $\text{CO}_2$  в растениях, влияя на содержание хлорофилла листьев (509,68), способствуя росту содержания питательных веществ, улучшению открытия устьиц, повышению содержания биомассы сырой листьев (3,74 г.) и сухой массы (1,02 г.), а также увеличению толщины листьев и диаметра стебля (6,16 мм). Зеленый+синий оказал эффект на увеличение биомассы сырой и сухой.
8. Квазимонохроматический синий свет (С) уменьшал рост растения в высоту, биомассу сухую стеблей и число листьев до 1 кисти (0 шт.), что приводит к формированию компактного растения. Квазимонохроматический зеленый свет оказал наименьшее влияние на число листьев до 1 кисти (0 шт.), биомассу сырую и сухую, фотосинтез ( $0,76 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$ ) проходил при наименьшей концентрации хлорофилла (346,56).
9. Искусственное освещение больше, чем естественное, способствовало увеличению продуктивности товарной 1 растения и урожайности товарной, на  $6.51 \text{ кг/м}^2$ . У гибрида Пламенный  $F_1$  ускорение созревания произошло на неделю при искусственном освещении. Но у растений гибрида Розанна  $F_1$  значения были близки при обоих вариантах освещения, по сроку созревания и по числу плодов.
10. Рентабельность применения искусственного освещения при получении товарных плодов томата на вегетационной установке «Фитопирамида» на примере двух гибридов Пламенный  $F_1$  и Розанна  $F_1$ ., показала, что результаты, рассчитанные нами, позволяют сделать вывод, что возделывание томата рентабельно и при искусственном, где она составила от 11,93% до 25,09%, и при естественном освещении, где она была от 11,44% до 34,30%. В летнее, и в зимне – весеннее время года, что важно для увеличения числа оборотов в светокультуре.

*РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ*

1. При выращивании томата на МВТУ «Фитопирамида» рекомендуется использовать черри гибриды Эльф F<sub>1</sub> и Волшебная арфа F<sub>1</sub> для получения крупных плодов рекомендовать гибриды Румяный шар F<sub>1</sub> и Капитан F<sub>1</sub> дающие наиболее высокие урожаи с хорошим качеством продукции и уровнем рентабельности
2. При выращивании рассады при светокультуре рекомендуется применять искусственное освещение с использованием дихроматического света в варианте красный+синий, который способствует росту содержания хлорофилла и питательных веществ, улучшению открытия устьиц и увеличению толщины листьев и диаметра стебля.
3. В технологии выращивания томата на МВТУ «Фитопирамида» целесообразно использование искусственного освещения растений, что ускоряет созревание плодов, повышает общий урожай и качество продукции, делает возможным увеличивать число оборотов, удлинять, или укорачивать оборот в зависимости от возможностей производителя, сложившейся цены на продукцию на рынке, цен на энергоносители, использовать 100% питательного раствора в оборотном цикле.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авдеев, Ю. И. Генетический анализ количественных признаков растений/ Ю. И. Авдеев // Астрахань. 2003.
2. Авдеев, Ю. И. Селекция томатов/ Ю. И. Авдеев// 1982.
3. Алпатьев, А. В. Помидоры/А. В. Алпатьев // Москва: Колос. 1981.
4. Аль-Рукаби М.Н.М. Влияние систем освещения установки «Фитопирамида» на производство томатов и реакция растений на разные световые спектры / М.Н.М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Л. Б. Прикупец, Т. А. Терешонкова // Картофель и овощи. – 2023. – № 7. – С. 23-27. – DOI 10.25630/PAV.2023.71.72.003.
5. Аль-Рукаби М.Н.М. Изучение гибридов томата в условиях беспочвенного возделывания, традиционной системы и различных систем освещения / М.Н.М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Картофель и овощи. – 2023.– № 4.– С. 26-30 .
6. Аль-Рукаби М.Н.М. Оценка технологии выращивания гибридов томатов в многослойной гидропонике и защищенном грунте. / М.Н.М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Аграрная наука - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 141-145.
7. Аль-Рукаби М.Н.М. Роль искусственного освещения для рассады гибридов томатов в условиях камера роста. / М.Н.М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 180-летию Со Дня Рождения К.А. Тимирязева, г. Москва, 5 –7 июня 2023 г. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 73-77.
8. Аль-рукаби, М.Н.М. Дегустационная оценка гибридов томатов с традиционной грунтовой технологии и с малообъемной (Фитопирамида) / М.

- Н. М. Альрукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Студенчество России: век XXI : Материалы VIII Всероссийской молодёжной научно-практической конференции, Орёл, 15 декабря 2021 года. Том Часть 1. – Орёл: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2022. – С. 63-70.
9. Аль-Рукаби, М.Н.М. Оценка гибридов томата с разным уровнем скороспелости в условиях гидропоники (Фитопирамида). / М. Н. М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, Х. К. Фаравн // Растениеводство и луговодство: сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием, Москва, 18–19 октября 2020 года. – Москва: ЭЙПиСиПублишинг, 2020. – С. 225-230.
10. Аль-Рукаби, М.Н.М. Влияние высоты растений и срока появления первой кисти у гибридов томата с разным уровнем скороспелости в многоярусной гидропонике. / М.Н.М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова: сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 287-291.
11. Аль-Рукаби, М.Н.М. Гидропоника - перспективное решение для ряда сельскохозяйственных проблем Ирака. / М. Н. М. Аль-Рукаби, Н. Х. Халил, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 6(384). – С. 105-109.
12. Аль-Рукаби, М.Н.М. Использование технологии вертикального земледелия при оценке потенциала гибридов томата. / М.Н.М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, Х. К. Фаравн // Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова: сборник статей, Москва, 07–09 июня 2021 года. Том 2. – Москва: Российский

государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 319-323.

13. Аль-Рукаби, М.Н.М. Малообъемная технология типа "Фитопирамида" и потенциал гибридов томата. / М.Н.М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, А. К. Спасский // Картофель и овощи. – 2021. – № 12. – С. 31-34.
14. Аль-Рукаби, М.Н.М. Оценка эффективности возделывания гибридов F1 томата в условиях технологии "фитопирамида" по товарности плодов. / М. Н. М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, С.А. Масловский // Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур : материалы Международной научно-практической конференции и школы молодых ученых по эколого-генетическим основам растениеводства, Краснодар, 24–27 мая 2022 года. – Краснодар: Издательство "ЭДВИ", 2022. – С.23-28.
15. Аль-Рукаби, М.Н.М. Энергия прорастания семян у гибридов томата с разным уровнем скороспелости при сортоиспытании для условий малообъемной технологии "Фитопирамида". / М. Н. М. Аль-Рукаби, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, Х. К. Фаравн // Агробиотехнология-2021 : сборник статей международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 356-360.
16. Беков, Р. Х. Томат (эффективное использование генетических маркеров в практической селекции) / Р. Х. Беков // М.: ВНИИО. 2014. – 330 с.
17. Бексеев, Ш.Г. Выращивание ранних томатов / Ш.Г. Бексеев // Агропромиздат. 1989.
18. Брежнев, Д. Д. Томаты / Д. Д. Брежнев // Ленинград: Колос. 1964.
19. Брянцева, З. Н. Физиология тепличных томатов / З. Н. Брянцева // Наука. Сиб. отд-ние. 1989.
20. Гавриш, С. Ф. Томат: возделывание и переработка / С.Ф. Гавриш // Москва: Росагропромиздат. 1990.

21. Гавриш, С. Ф. Томаты. Издательство Скрипторий/С. Ф. Гавриш// 2003.
22. ГОСТ. 34298-2017 Томаты свежие. Технические условия. Утвержден и введен в действие Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии от 25 сентября 2017 г. N 103-П. - 14 с.
23. ГОСТ. 58461-2019 "Освещение растений в сооружениях защищённого грунта» от 31 июля 2019 г. № 436-ст . 15 с.
24. Грушанин, А. И. Технология выращивания томата в открытом грунте на Кубани : (рекомендации) / А. И. Грушанин, Л. В. Есаулова, Н. Н. Бут, С. В. Гаркуша ; ФАНО РОССИИ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт риса» (ФГБНУ «ВНИИ риса»). – Краснодар : Издательство "ЭДВИ", 2016. – 35 с.
25. Долгих, П. П. Анализ технологий и оборудования для управления системой микроклимата в теплицах на базе утилизированной тепловой энергии от систем облучения / П. П. Долгих, Н. В. Кулаков, М. В. Самойлов // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 8(63). – С. 80-94.
26. Ерошевская, А. С. Подходы к селекции томата для различных типов малообъемной технологии / А. С. Ерошевская, Т. А. Терешонкова, Х. Фаравн, В. И. Леунов // Картофель и овощи. – 2019. – № 10. – С. 26-28.
27. Ивакин, О. В. Научно-методологические основы выращивания томатов в условиях негативного воздействия факторов открытого грунта (на примере Западной Сибири) : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Ивакин Олег Владимирович. – Барнаул, 2016. – 22 с.
28. Кабанен, Т. В. Энергосберегающие светотехнические установки и оборудование для многоярусных узкостеллажных тепличных технологий (применительно к условиям Эстонии) : специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве" :

- диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кабанен Тойво Викторович. – Санкт-Петербург, 2008. – 184 с.
29. Кондратьева, И. Ю. Содержание сухого вещества в плодах томата в зависимости от фазы развития растений и условий выращивания / И. Ю. Кондратьева, В. Л. Павлов // Известия ФНЦО. – 2021. – № 1-2. – С. 90-95.
30. Коновалова, И. О. Оптимизация светодиодной системы освещения витаминной космической оранжереи / И. О. Коновалова, Ю. А. Беркович, А. Н. Ерохин, С. О. Смолянина, О. С. Яковлева, А. И. Знаменский, И. Г. Тараканов, С. Г. Радченко, С. Н. Лапач, Ю. В. Трофимов // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2016. – Т. 50, № 3. – С. 17-22.
31. Коняев, Н. Ф. Научные основы высокой продуктивности овощных растений / Н. Ф. Коняев // ЧИ Новосибирск. 1978. 97.
32. Курьянова, И. В. Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур / И. В. Курьянова, С. И. Олонина // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 7(74). – С. 35-44.
33. Мухин, В. Д. Технология производства овощей в открытом грунте : учеб. для студентов сред. спец. учеб. заведений по специальности 3102 "Агрономия" / В. Д. Мухин – Москва : Мир, 2004.
34. Поезжалов, В. М. Исследование эффективности светодиодного освещения для закрытого грунта / В. М. Поезжалов, А. М. Нупирова // Материалы LIV Международной Научно-Технической Конференции «Достижения Науки–Агропромышленному Производству»/Под Ред. Докт. Техн. Наук ПГ Свечникова.–Челябинск: ЧГАА. 2015.–Ч. IV.–245 С.50-56.
35. Поиск. <http://www.semenasad.ru/>
36. Прикупец Л.Б. Облучательные установки в сельском хозяйстве //Л.Б. Прикупец, Г.В. Боос / Светотехника. 2023. –136 с.
37. Прикупец Л.Б. Оптимизация светотехнических параметров при светокультуре салатно-зеленных растений с использованием светодиодных излучателей // Л.Б.Прикупец, Г.В. Боос, В.Г. Терехов, И.Г.Тараканов / Светотехника. 2019. – №4. – С.6–13.

38. Прикупец Л.Б. Светокультура растений. Новый этап в измерении ФАР, связанный с созданием светодиодных фитооблучателей // Л.Б. Прикупец, П.В.Камшилов, А.С. Зиничева /Теплицы России. 2018. – №2. – С. 24-28.
39. Ракутько, С. А. Оптимизация фотонной облученности рассады томата (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) для различного спектрального состава излучения/ С. А.Ракутько, А. Е. Маркова, А. П. Мишанов, Е. Н. Ракутько, // АгроЭкоИнженерия. 2019. Т.2 № (99), С. 85–100.
40. Селянский, А. И. Гидропоника на «Фитопирамидах» /А. И.Селянский, Е. В. Лобашев // Овощеводство.2013а. № 6. С. 62–68.
41. Селянский, А. И. За такими теплицами Будущее. /А. И.Селянский// Картофель и Овощи. 2018. № 7. С.24–26.
42. Селянский, А. И. Овощеводство: отечественное ноу-хау Высокопроизводительная, энерго-экономная технология производства томатов. Миф ? Реальность! / А. И.Селянский, Е. В. Лобашев//Аграрный Журнал (НИВА). 2011.Т.124 .№ 5. С. 38–41.
43. Селянский, А. И. Практическая светокультура на «Фитопирамидах» в светонепроницаемых помещениях/А. И.Селянский, Е. В. Лобашев// Овощеводство.2013 б. № 1. С.62–65.
44. Степанчук, Г. В. Облучательные установки для культивационных сооружений / Г. В. Степанчук, Е. П. Ключка // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 61. – С. 145-152.
45. Субботин, Е. П. Влияние искусственного солнечного света на рост и развитие растений-регенерантов *Solanumtuberosum* / Е. П. Субботин, И. В. Гафицкая, О. В. Наконечная, Ю.Н. Журавлев, Ю.Н. Кульчин// Turczaninowia. – 2018. – Т. 21, № 2. – С. 32-39.
46. Тараканов И.Г. Технология беспочвенного культивирования в современном овощеводстве. / И.Г.Тараканов, В.И. Леунов, М.Н.М. Аль-Рукаби, Т. А. Терешонкова, А.И. Селянский // Теплицы России. 2021. № 3..С.6-12.

47. Тихомиров, А. А. Светокультура растений в теплицах/ А. А. Тихомиров, В. П. Шарупич, Г. М. Лисовский // Новосибирск: Издательство СО РАН. 2000.
48. Фаравн Х.К. Изучение элементов технологии выращивания томата в условиях субиригационной аэропоники в установке «Фитопирамида». / Х.К. Фаравн, В.И. Леунов, Р. Р. Усманов, Т.А. Терешонкова, В. С. Голубович, М.Н.М. Аль-Рукаби // Картофель и овощи. – 2020. – № 12. – С. 8-11. – DOI 10.25630/PAV.2020.55.99.001.
49. Фаравн Х.К. Мировой опыт использования аэро- и гидропонной технологии при возделывании овощных культур /Х.К. Фаравн, Т.А.Терешонкова, В.И. Леунов, А.И. Селянский, И.И. Дмитриевская // Картофель и овощи. 2019 №6. С. 10-13.
50. Хомяков, А.Ю. Исследование влияния светодиодного освещения на рост и развитие растений/ А.Ю. Хомяков, В.И. Туев, Т.Т. Гасанова, Е.Г.Незнамова// Электронные Средства и Системы Управления. 2015 № 1–1. С.259–262.
51. Шарупич, В. П. Влияние дополнительного искусственного облучения на фенологические, биометрические и продукционные показатели томата сорта «Пламя» при выращивании методом многоярусной узкостеллажной гидропоники/ В.П. Шарупич, Т.С. Шарупич, Е.В. Коломыцев// Вестник Аграрной Науки. 2011. Т.29.№ (2). С.84–88.
52. Яковцева М. Н. Фотоморфогенетическая регуляция роста, развития и продукционного процесса растений земляники садовой (*fraga-ria* x *anapassa* l.) в условиях светокультуры/ М. Н. Яковцева, Г.Ф. Говорова, И.Г.Тараканов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 25–35.
53. Abdullah, N.-O. Vertical-horizontal regulated soilless farming via advanced hydroponics for domestic food production in Doha, Qatar/ N.-O. Abdullah // Research Ideas and Outcomes, 2, e8134. 2016.
54. Aboutrabi, B. Evaluation of f1 tomato hybrids incorporating the non ripening nor gene for green house production/ B. Aboutrabi// Damascus University Journal for the Agricultural Sciences. 2003. 19(2), P. 149–162.

55. Ahmad, S. Combining ability estimates of tomato (*Solanum lycopersicum*) in late summer/ S.Ahmad, A. K. M. Quamruzzaman, M. N. Uddin// SAARC J. Agri. 2009. Vol. 7. №1.P. 43–56.
56. Aksenova, N. P. Morphogenesis of potato plants in vitro. I. Effect of light quality and hormones/N. P. Aksenova, T. N. Konstantinova, L. I. Sergeeva , I. Macháčková , S. A. Golyanovskaya // Journal of Plant Growth Regulation. 1994. 13(3). P. 143–146.
57. Al-Mudaress H. F. Physiology of flowering plants / H. F. Al-Mudaress, F.A. M. Al-Ali //translated by Street H. E. and Öpik H. Iraq: University of Al Mosul. Ministry of Higher Education and Scientific Research. 1984.
58. Al-Rukabi M. N. M. The effect of different spectrum artificial lighting on four tomato seedlings hybrids. / M. N. M. Al-Rukabi, V. I. Leunov, T. A. Tereshonkova //Iraqi Journal of Agricultural Research. 2023. 27(1),P. 62–73.
59. Al-Rukabi M. N.M. Reaction of tomato hybrids to different ripeness in conditions of a multi-tube hydroponic, Soil and Lighting Options. / M.N.M. Al-Rukabi, V. I. Leunov, I. G. Tarakanov, T. A. Tereshonkova, A. N. Khovrin , A. I. Selyansky // IOP Publishing. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. (Vol. 1262, No. 4, p. 042030).
60. Al-Rukabi M.N.M. The Effect of LED Lighting on the Growth of Seedlings of Hybrid Tomato. / M.N.M. Al-Rukabi, V. I. Leunov, I. G. Tarakanov, T. A. Tereshonkova // IOP Publishing. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. (Vol. 910, No. 1, p. 012127).
61. Al-Rukabi M.N.M. Production of Tomato Hybrids in Soilless Cultivation (Hydroponic System). / M.N.M. Al-Rukabi, V. Leunov, T. Tereshonkova, K. Farawn // In Agriculture Digitalization and Organic Production Smart Innovation, Systems and Technologies .Springer. 2022 .P. 201-210.
62. Al-Rukabi M.N.M. Comparison of hydroponics and traditional method in the production of tomato hybrids of different maturity in the greenhouse. / M.N.M. Al-Rukabi, V. Leunov, T. Tereshonkova // Indian journal of ecology. 2022. (Vol. 49, No. 20, P. 31-35).

63. Al-Rukabi, M. N. M. Evaluation of tomato hybrids of various commodity groups under soilless culture type "Fitopyramida". / M. N. M. Al-Rukabi, V. I. Leunov, T. A. Tereshonkova // Всероссийская научно-практическая конференция «наука без границ и языковых барьеров», 20 мая 2021 года, 2021. – P. 41-46.
64. Al-Rukabi, M.N.M. Production of tomato hybrids at the multi-tiered vegetative pipe plant (MVTU) "Fitopyramida". / M.N.M. Al-Rukabi // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона: сборник статей, Москва, 09–11 июня 2020 года. Vol. 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – P. 226-229.
65. Alan, R. The influence of growing media on growth, yield and quality of tomato grown under greenhouse conditions/ R. Alan, A. Zulkadir, H. Padem// II Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates. 1993. 366. P. 429–436.
66. Ali, S. M. R. Effect of Plant Population Density on Tomato/ S. M. R. Ali // ARC Training Report. 1995. P. 1–3.
67. Alshrouf, A. Hydroponics, Aeroponic and Aquaponic as Compared with Conventional Farming/ A. Alshrouf// In American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences. 2017. Vol. 27, Issue 1, P. 247–255.
68. Apel, K. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction/ K. Apel, H. Hirt// Annu. Rev. Plant Biol. 2004. 55. P. 373–399.
69. Appelgren, M. Effects of light quality on stem elongation of Pelargonium in vitro/ M. Appelgren // Scientia Horticulturae. 1991.45(3–4). P.345–351.
70. Arias, R. Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine/ R. Arias, T. Lee, D. Specca, H. Janes // Journal of Food Science. 2000.65(3), P. 545–548.
71. Bai, Y. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future?/ Y. Bai , P. Lindhout // Annals of Botany. 2007. 100(5), P.1085–1094.

72. Baldwin, E. A. Relationship between sensory and instrumental analysis for tomato flavor/ E. A. Baldwin, J. W. Scott, M. A. Einstein, T. M. M. Malundo, B. T. Carr, R. L. Shewfelt, K. S. Tandon// *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1998. 123(5), P. 906–915.
73. Balemi, T. Response of tomato cultivars differing in growth habit to nitrogen and phosphorus fertilizers and spacing on vertisol in Ethiopia/ T. Balemi// *Acta Agriculturae Slovenica*. 2008. 91(1), P. 103–119.
74. Bantis, F. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs)/F. Bantis, S. Smirnakou, T. Ouzounis, A. Koukounaras, N. Ntagkas, K. Radoglou// *Scientia Horticulturae*. 2018. 235, P. 437–451.
75. Batu, A. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes/ A. Batu // *Journal of Food Engineering*. 2004. 61(3), P. 471–475.
76. Ben-Oliel, G. Effects of ammonium to nitrate ratio and salinity on yield and fruit quality of large and small tomato fruit hybrids/ G. Ben-Oliel, S. Kant, M. Naim, H. D. Rabinowitch, G. R. Takeoka, R. G. Buttery, U. Kafkafi // *Journal of Plant Nutrition*. 2005. 27(10), P. 1795–1812.
77. Benke, K. Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture/ Benke, K., B. Tomkins// *Sustainability: Science, Practice and Policy*. 2017. 13(1), P. 13–26.
78. Besthorn, F.H. Vertical farming: Social work and sustainable urban agriculture in an age of global food crises/ F. H. Besthorn // *Australian Social Work*. 2013. 66(2), P. 187–203.
79. Bian, Z. H. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review/ Z. H. Bian, Q. C. Yang, W. K. Liu // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015. 95(5), P. 869–877.
80. Bian, Z. Study of the beneficial effects of green light on lettuce grown under short-term continuous red and blue light-emitting diodes/ Z. Bian, Q. Yang, T. Li, R. Cheng, Y. Barnett, C. Lu// *Physiologia Plantarum*. 2018. 164(2), P. 226–240.

81. Bobinaitė, R. Carotenoids, ascorbic acid and physical properties of tomatoes/ R. Bobinaitė, E. Dambrauskienė, A. Radzevičius, J. Jankauskienė, M. Rubinskienė // *Acta Horticulturae*. 2009. 830, P.249–254.
82. Bula, R. J. Light-emitting diodes as a radiation source for plants/ R. J. Bula, R. C. Morrow, T. W. Tibbitts, D. J. Barta, R. W. Ignatius, T. S. Martin // *HortScience*. 1991. 26(2), P. 203–205.
83. Bures, S. Artificial lighting in agriculture/ S. Bures, M. Urrestarazu Gavilán, S. Kotiranta // 2018. P.1–47.
84. Canene-Adams, K. The tomato as a functional food/ K. Canene-Adams, J. K. Campbell, S. Zaripheh, E. H. Jeffery, J. W. Erdman Jr // *The Journal of Nutrition*. 2005. Vol. 135. № 5. P. 1226–1230.
85. Cardoso, F. B. Yield and quality of tomato grown in a hydroponic system, with different planting densities and number of bunches per plant/ F. B. Cardoso, H. E. P. Martinez, D. J. H. da Silva, C. do C. Milagres, J. G. Barbosa // *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2018. 48, P.340–349.
86. Carrari, F. Metabolic regulation underlying tomato fruit development/ F. Carrari, A. R. Fernie // *In Journal of Experimental Botany*. 2006. Vol. 57, Issue 9, P. 1883–1897. doi: 10.1093/jxb/erj020
87. Castoldi, R. Productivity characteristics of endive as a function of spacing/ R. Castoldi, L. A. Faveri, J. O. Souza, L. T. Braz, H. C. O. Charlo // XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 936. 2010. P.305–309.
88. Chapagain, T. R. Performance of tomato varieties during rainy season under plastic house conditions/ T. R. Chapagain, B. B. Khatri, J. L. Mandal // *Nepal Journal of Science and Technology*. 2011. 12, P.17–22.
89. Cheema, D. S. Hybrid tomato breeding/ D. S. Cheema, M. S. Dhaliwal // *Journal of New Seeds*. 2005. 6(2–3), P.1–14.
90. Chen, X. Growth and nutritional properties of lettuce affected by different alternating intervals of red and blue LED irradiation/ X. Chen, Q. Yang, W. Song, L. Wang, W. Guo, X. Xue // *Scientia Horticulturae*. 2017. 223, P. 44–52.

91. Choi, B.-S. Effects of waste nutrient solution on growth of chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) in Korea/ B.-S. Choi, S.-S. Lee, Y.-S. Ok // *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 2011. 30(2), P. 125–131.
92. Chowdhury, M. E. H. Design, construction and testing of iot based automated indoor vertical hydroponics farming test-bed in qatar/ M. E. H. Chowdhury , A. Khandakar, S. Ahmed, F. Al-Khuzaei, J. Hamdalla, F. Haque, M. B. I. Reaz, A. Al Shafei, N. Al-Emadi // *Sensors*. 2020. 20(19), 5637.
93. Daniel, P. Contribution of vertical farms to increase the overall energy efficiency of urban agglomerations/ P. Daniel // *Journal of Power and Energy Engineering*. 2014. 2(04), P. 82–85.
94. Dănilă, E. Efficient lighting system for greenhouses/ E. Dănilă, D. D. Lucache // 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE). 2016. P. 439–444.
95. De Anda, J. Potential of vertical hydroponic agriculture in Mexico/ J. De Anda, H. Shear // *Sustainability*. 2017. 9(1), P. 140.
96. De Ketelaere, B. Tomato cultivar grouping based on firmness change, shelf life and variance during postharvest storage/ B. De Ketelaere , J. Lammertyn, , G. Molenberghs, M. Desmet, B. Nicolai, J. De Baerdemaeker // *Postharvest Biology and Technology*. 2004. 34(2), P. 187–201.
97. Despommier, D. The vertical farm: feeding the world in the 21st century/ D. Despommier // *Macmillan*. 2010.
98. Dhivya, R. Screening studies of wild rootstocks for biotic stresses and its performance on grafting in tomato *solanum lycopersicum* l/ R. Dhivya // 2013.
99. Dias, D. Tomato seed quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage/ D. Dias, F. P. Ribeiro, L. A. S. Dias, D. J. H. Silva, D. S. Vidigal // *Seed Science and Technology*. 2006. 34(3), P. 691–699.
100. Dieleman, J. A. Integrating morphological and physiological responses of tomato plants to light quality to the crop level by 3D modeling/ J. A. Dieleman, P. H. B. De Visser, E. Meinen, J. G. Grit, T. A. Dueck // *Frontiers in Plant Science*. 2019. 10, P. 839.

101. dos Santos, O. S. Production of tomatoes in hydroponics with different spacings/  
O. S. dos Santos, J. F. Menegaes, J. E. Filipetto, R. da C. Luz // PUBVET. 2013.  
V.7.N.6. P. 420–428.
102. Dou, H. Photosynthesis, morphology, yield, and phytochemical accumulation in  
basil plants influenced by substituting green light for partial red and/or blue light/  
H. Dou, G. Niu, M. Gu// HortScience. 2019. V.54.N. 10. P. 1769–1776.
103. Dougher, T. A. O. Long-term blue light effects on the histology of lettuce and  
soybean leaves and stems/T. A. O. Dougher, B. Bugbee// Journal of the American  
Society for Horticultural Science. 2004. 129(4), P.467–472.
104. Dumas, Y. Effects of environmental factors and agricultural techniques on  
antioxidant content of tomatoes/Y. Dumas, M. Dadomo, G. Di Lucca, P. Grolier//  
Journal of the Science of Food and Agriculture. 2003. 83(5), P.369–382.
105. Dzakovich, M. P. Tomatoes grown with light-emitting diodes or high-pressure  
sodium supplemental lights have similar fruit-quality attributes/ M. P. Dzakovich,  
C. Gómez, C. A. Mitchell// HortScience. 2015. 50(10), P.1498–1502.
106. El-Kazzaz, K. A. Soilless agriculture a new and advanced method for  
agriculture development: an introduction/ El-Kazzaz, K. A., El-Kazzaz, A. A. //  
Agri Res Tech. 2017. Vol. 3. P. 63–72.
107. Engbers, G. J. Plant physiological acclimation to irradiation by light-emitting  
diodes (LEDs)/ G. J. Engbers, J. Harbinson, W. van Ieperen, J. Ruijsch, O. van  
Kooten, S. W. Hogewoning, G. Trouwborst, A. Schapendonk, C. S. Pot// XXVII  
International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on  
Advances in Environmental Control, Automation. 2006.761, P.183–191.
108. Fanwoua, J. Supplemental LED lighting affects the dynamics of tomato fruit  
growth and composition/ J. Fanwoua, G. Vercambre, G. Buck-Sorlin, J.  
A. Dieleman, P. de Visser, M. Génard// Scientia Horticulturae. 2019.256, P.1-12.
109. Feng, H. Research of plant type and light distribution of tomatoes determined by  
imaging technology/ H. Feng, T. Zhang, Y.-T. Shi, W.-J. Wang, W.-H. Wang//  
African Journal of Agricultural Research. 2010. Vol.5. № 14. P.1860–1867.

110. Fernandes, A. A. Cultivo sucessivo de plantas de tomate oriundas de sementes e propagação vegetativa em sistema hidropônico/ A. A. Fernandes , H. E. P. Martinez, D. J. H. da Silva, J. G.Barbosa, A. W. Pedrosa// Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2007. 42(7), P.1013–1019.
111. Fery, R. L. Response of the tomato to population pressure/ R. L. Fery, J.Janick// Journal of the American Society of Horticultural Science. 1970. 95, P. 614–624.
112. Finch-Savage, W. E. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation/ W. E. Finch-Savage, G.W. Bassel // Journal of Experimental Botany. 2016. 67(3), P.567–591.
113. Finch-Savage, W. E. Towards a genetic understanding of seed vigour in small-seeded crops using natural variation in Brassica oleracea/ W. E. Finch-Savage, H. A. Clay, J. R. Lynn, K. Morris// Plant Science. 2010. 179(6), P. 582–589.
114. Finlayson, S. A. Phytochrome regulation of branching in Arabidopsis/ S. A.Finlayson, S. R. Krishnareddy , T. H. Kebrom, J. J. Casal// Plant Physiology. 2010. 152(4), P. 1914–1927.
115. Franco, J. L. Influence of different pruning methods in cherry tomato grown hydroponically in a cropping spring cycle: effects on the production and quality/ J. L. Franco, N. Rodriguez, M. Diaz, F. Camacho// International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics. 2008. 843, P.165–170.
116. Gautier, H. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance?/ H. Gautier, V.Diakou-Verdin, C. Bénard, M. Reich, M. Buret, F. Bourgaud, J. L. Poëssel, C. Caris-Veyrat, M. Génard // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. 56(4), P. 1241–1250.
117. Głowacka, B. The effect of blue light on the height and habit of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) transplant/ B.Głowacka//Folia Horticulturae. 2004. 16(2), P. 3–10.
118. Goldenberg, J. B. Genetic and phenotypic correlation between weight and dry matter content of tomato fruits and their heritabilities/ J. B. Goldenberg, A. Pahlen // Bol. Genético. 1966. 2, P. 1–15.

119. Goto, E. Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting/ E. Goto// *Environment Control in Biology*. 2003.41(2), P. 121–132.
120. Gruda, N. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption/ N. Gruda// *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005. 24(3), P.227–247.
121. Gruda, N. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? /N. Gruda //. 2009.82, P. 141–147.
122. Hachmann, T.L. Growing tomatoes at different distances between plants and different levels of basal leaf defoliation/ T.L. Hachmann, M. de M. Echer, G. M. Dalastra , E. S. Vasconcelos, V. F. Guimarães// *Bragantia*. 2014. 73(4), P. 399–406.
123. Hachmann, T. L. Tomato cultivation under different spacing and different levels of defoliation of basal leaves/ T. L. Hachmann, De Moraes Má.Echer, G. M.Dalastra, E. S. Vasconcelos, V. F. Guimarães // In *Bragantia* .2014. Vol. 73, Issue 4. P. 399–406.
124. Hasan, G. Studying Some Genetic Indicators to Improve Fruits Quality in Tomato (*Lycopersicon esculentom* MiL L.)/ G. Hasan, M. Y. Moualla, H.Khojah//.2013. P. 211–224.
125. Haydar, A. Studies on genetic variability and interrelationship among the different traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)/ A. Haydar, M. A.Mandal, M. B. Ahmed, M. M. Hannan, R. Karim, M. A. Razvy, U. K. Roy, M. Salahin // *Middle-East J. Sci. Res*. 2007. 2(3–4), P.139–142.
126. Heo, J. W. Early growth, pigmentation, protein content, and phenylalanine ammonia-lyase activity of red curled lettuces grown under different lighting conditions/ J. W. Heo, D. H. Kang, H. S. Bang, S. G. Hong, C. Chun, K. K. Kang // 2012.
127. Hernández, R. Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios using LEDs/ R. Hernández, C. Kubota // *Environmental and Experimental Botany*. 2016. 121, P.66–74.

128. Hernández, R. Tomato seedling growth and morphological responses to supplemental LED lighting red: blue ratios under varied daily solar light integrals/ R. Hernández, C. Kubota// VII International Symposium on Light in Horticultural Systems. 2012. 956, P. 187–194.
129. Heuvelink, E. Effect of leaf area on tomato yield/ E. Heuvelink, M. J. Bkaker, A. Elings, R. C. Kaarsemaker, L. F. M. Marcelis// International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys. 2004. 691. P.43–50.
130. Heuvelink, Ep. Developmental processes. In Tomatoes/ Ep Heuvelink, R. C. Okello // 2018. Vol. 27, P. 59–88. CABI Wallingford, UK.
131. Hogewoning, S. W. Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light/ S. W. Hogewoning, G. Trouwborst, H. Maljaars, H. Poorter, W. van Ieperen, J. Harbinson // Journal of Experimental Botany, .2010.V.61.N.11, P. 3107–3117.
132. Huché-Thélier, L. Light signaling and plant responses to blue and UV radiations—Perspectives for applications in horticulture/ L. Huché-Thélier, L. Crespel, J. Le Gourrierc, P. Morel, S. Sakr, N. Leduc// Environmental and Experimental Botany. 2016. 121, P.22–38.
133. Ibarbia, E. A. Tomato fruit size and quality interrelationships/ E. A. Ibarbia, V. N. Lambeth // Amer Soc Hort Sci J. 1971. 96, P. 199–201.
134. Ibraim, J. Characterization of beef tomato landraces in the republic of Macedonia/ J. Ibraim, D. Jankulovski, R. Agic, I. Iljovski // 2012. P. 478–483.
135. Jammihal, S. Effect of bio-molecules and mulching practices on fruit quality parameters of tomato hybrids/ S. Jammihal, M. S. Sharada, B. C. N. Prasad // Angra, 28. 2022.
136. Jiang, C. Photosynthesis, plant growth, and fruit production of single-truss tomato improves with supplemental lighting provided from underneath or within the inner canopy/ C. Jiang, M. Johkan, M. Hohjo, S. Tsukagoshi, M. Ebihara, A. Nakaminami, T. Maruo // Scientia Horticulturae. 2017a. 222, P. 221–229.

137. Jiang, C. Responses of leaf photosynthesis, plant growth and fruit production to periodic alteration of plant density in winter produced single-truss tomatoes/ C. Jiang, M. Johkan, M. Hohjo, S. Tsukagoshi, M. Ebihara, A. Nakaminami, T. Maruo // *The Horticulture Journal*, OKD-060. 2017b.
138. Jiang, N. Investigation of LED light effects on plant growth in improved protected horticulture system/ N. Jiang, S. Grundy, Z. Bian, C. Lu// 2017.
139. Johkan, M. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce/ M. Johkan, K. Shoji, F. Goto, S. Hashida, T. Yoshihara// *HortScience*, 2010. V. 45.N.12, P.1809–1814.
140. Jovicich, E. 506 Plant Density and Shoot Pruning Management on Yield of a Summer Greenhouse Sweet Pepper Crop/ E. Jovicich, J. Cantliffe, G. J. Hochmuth// *HortScience*. 1999. 34(3), 532E – 532.
141. Kader, A. A. Evaluation of two objective methods and a subjective rating scale for measuring tomato fruit firmness/ A. A. Kader, L. L. Morris, P. Chen// *Journal American Society for Horticultural Science*. 1978.
142. Kader, Adel A. Flavor quality of fruits and vegetables/ Adel A. Kader// *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008.88(11), P.1863–1868.
143. Kain, A. (2009). Pyramid farm is a vision of Vertical Agriculture for 2060/ A. Kain // 2009.
144. Kalantari, F. Opportunities and challenges in sustainability of vertical farming: A review/ F. Kalantari, O. M. Tahir, R. A. Joni, E. Fatemi// *Journal of Landscape Ecology*. 2018. 11(1), P. 35–60.
145. Kendrick, R. E. Photomorphogenesis in plants/ R. E. Kendrick, G. H. M. Kronenberg// *Springer Science & Business Media*. 2012.
146. Khalil, N. H. Effect of Flowers and Runners removal, Media type and some mineral nutrients on growth and yield of Strawberry Festival under protected cultivation conditions/ N. H. Khalil// *Doctoral thesis. Agri. Coll. Univ. Of Baghdad*. 2014.

147. Kigel, J. Photoinhibition of stem elongation by blue and red light: effects on hydraulic and cell wall properties/ J. Kigel , D. J. Cosgrove // *Plant Physiology*. 1991. 95(4), P. 1049–1056.
148. Killebrew, K. Environmental Impacts of Agricultural Technologies/ K.Killebrew, H. Wolff // Evans School of Public Affairs. University of Washington. 2010.
149. Kim, H.-H. Light-emitting diodes as an illumination source for plants: A review of research at Kennedy Space Center/ H.-H. Kim, R. M. Wheeler, J. C. Sager, N. C. Yorio, G. D. Goins // *Habitation*. 2005. V.10. N. 2. P. 71–78.
150. Koh, E. Effects of industrial tomato paste processing on ascorbic acid, flavonoids and carotenoids and their stability over one-year storage/ E. Koh, S. Charoenprasert, A. E. Mitchell // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2012. 92(1), P. 23–28.
151. Kopsell, D. A. Sprouting broccoli accumulate higher concentrations of nutritionally important metabolites under narrow-band light-emitting diode lighting/ D. A. Kopsell, C. E. Sams, T. C. Barickman, R. C. Morrow // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2014. Vol.139. № 4. P. 469–477.
152. Kozai, T. PFAL business and R&D in the world: Current status and perspectives/ T. Kozai, W. Fang, C. Chun, Q. Yang, Y. Tong, R. Cheng, C. Kubota, C. Lu // 2015.
153. Krishan, K. Fabrication and performance evaluation of a shaped frame hydroponic system for leafy garlic/ K. Krishan , E. R. Agrawal, M. P. Tripathi, U. Yadav // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. Vol. 9, No. 3, Pp. P. 688–692.
154. Kubota, C. Greenhouse tomato production. Tomatoes/ C. Kubota, A. de Gelder, M. M. Peet // CABI Publishing: Wallingford, UK. 2018. P. 276–313.
155. Kyriacou, M. C. Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables/ M. C. Kyriacou, Y. Rouphael // *Scientia Horticulturae*. 2018. 234, P. 463–469.
156. Lahoz, I. Effect of water deficit on the agronomical performance and quality of processing tomato/ I. Lahoz, A. Pérez-de-Castro, M. Valcárcel, J. I. Macua, J.

- Beltran, S. Roselló, J. Cebolla-Cornejo// *Scientia Horticulturae*. 2016. 200, P. 55–65.
157. Landi, M. Plasticity of photosynthetic processes and the accumulation of secondary metabolites in plants in response to monochromatic light environments: A review/ M. Landi, M. Zivcak, O. Sytar, M. Brestic, S. I. Allakhverdiev // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*. 2020. 1861(2), 148131.
158. Lee, J. S. Growth and phytochemicals in lettuce as affected by different ratios of blue to red LED radiation/ J. S. Lee, T. G. Lim, Y. H. Kim // *Acta Horticulturae*. 2014 .Vol. 1037, P. 843–848.
159. Lee, S.-W. Influence of different LED lamps on the production of phenolic compounds in common and Tartary buckwheat sprouts/ S.-W. Lee, J. M. Seo, M.-K. Lee, J.-H. Chun, P. Antonisamy, M. V. Arasu, T. Suzuki, N. A. Al-Dhabi, S.-J. Kim// *Industrial Crops and Products*. 2014. 54. P.320–326.
160. Leonardi, C. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes/ C. Leonardi, P. Ambrosino, F. Esposito, V. Fogliano// *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000. 48(10), P. 4723–4727.
161. Li, Q. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce/ Q. Li, C. Kubota// *Environmental and Experimental Botany*. 2009. 67(1), P. 59–64.
162. Li, Z. Multi-scale engineering properties of tomato fruits related to harvesting, simulation and textural evaluation/ Z. Li, K. Lv, Y. Wang, B. Zhao, Z. Yang// *LWT-Food Science and Technology*. 2015. 61(2), P.444–451.
163. Lipiec, J. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review/ J. Lipiec, C. Doussan, A. Nosalewicz, K. Kondracka // *International Agrophysics*. 2013. 27(4), P. 463–477.
164. Liscum, E. Genetic separation of phototropism and blue light inhibition of stem elongation/ E. Liscum, J. C. Young, K. L. Poff, R. P. Hangarter // *Plant Physiology*. 1992. 100(1), P. 267–271.

165. Logendra, L. S. Greenhouse tomato limited cluster production systems: crop management practices affect yield/ L. S. Logendra, T. J. Gianfagna, D. R. Specca, H. W. Janes // HortScience. 2001. 36(5), P.893–896.
166. Lötscher, M. Branch and root formation in *Trifolium repens* is influenced by the light environment of unfolded leaves/M. Lötscher, J. Nösberger // Oecologia. 1997. 111(4), P. 499–504.
167. Lu, C. Uncovering LED light effects on plant growth: new angles and perspectives/ C. Lu, S. Grundy, N. Jiang // 2017.
168. Lu, J. Effect of heat treatment uniformity on tomato ripening and chilling injury/ J. Lu, M. T. Charles, C. Vigneault, B. Goyette, G. S. V. Raghavan // Postharvest Biology and Technology. 2010. Vol. 56. № 2. P. 155–162.
169. Lu, N. Effects of supplemental lighting with light-emitting diodes (LEDs) on tomato yield and quality of single-truss tomato plants grown at high planting density/ N. Lu, T. Maruo, M. Johkan, M. Hohjo, S. Tsukagoshi, Y. Ito, T. Ichimura, Y. Shinohara // Environmental Control in Biology. 2012. 50(1), P. 63–74.
170. Maboko, M. M. Effect of pruning on yield and quality of hydroponically grown cherry tomato (*Lycopersicon esculentum*)/ M. M. Maboko, C. P. Du Plooy // South African Journal of Plant and Soil. 2008. 25(3), P. 178–181.
171. Maboko, M. M. Effect of plant population, fruit and stem pruning on yield and quality of hydroponically grown tomato/ M. M. Maboko, C. P. Du Plooy, S. Chiloane // African Journal of Agricultural Research. 2011. 6(22), P.5144–5148.
172. Maerere, A. P. Baseline survey report of tomato production in Mvomero district- Morogoro region, Tanzania/ A. P. Maerere, K. P. Sibuga, K. K. Mwajombe, J. Kovach, M. Erbaugh // Sokoine University of Agriculture Faculty of Agriculture, Morogoro. 2006. P.1–31.
173. Mahmood, T. Path coefficient analysis of yield component in tomato (*Lycopersicon esculentum*)/ T. Mahmood // Pak. J. Bot. 2008. 40(2), P.627–635.
174. Majumder, K. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution

- of ethylene/ K. Majumder, B. C. Mazumdar// *Scientia Horticulturae*. 2002. 96(1–4), P. 91–101.
175. Marsic, N. K. Quality parameters and total phenolic content in tomato fruits regarding cultivar and microclimatic conditions/ N.K. Marsic, L. Gasperlin, V. Abram, M. Budic, R. Vidrih // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2011. 35(2), P.185–194.
176. Massa, G. D. Plant productivity in response to LED lighting/ G. D. Massa, H.-H. Kim, R. M. Wheeler, C. A. Mitchell // *HortScience*. 2008. 43(7), P.1951–1956.
177. Masyk T. Vertical Farming as an Innovative Solution to Singapore’s Food Security Strategy/ T. Masyk , B. A. Fritz // 2017.
178. Mauro, R. P. Eradication of *Orobanche/Phelipanche* spp. seedbank by soil solarization and organic supplementation/ R. P. Mauro, A. Lo Monaco, S. Lombardo, A. Restuccia, G. Mauromicale // *Scientia Horticulturae*. 2015. 193, P. 62–68.
179. Mauro, R. P. Influence of harvest stage and rootstock genotype on compositional and sensory profile of the elongated tomato cv. “Sir Elyan.” *Agriculture*/ R. P. Mauro, V. Rizzo, C. Leonardi, A. Mazzaglia, G. Muratore, M. Distefano, L. Sabatino, F. Giuffrida // 2020. Vol.10. № 3. 82.
180. McCree, K. J. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants/ K. J. McCree // *Agricultural Meteorology*. 1971. 9, P.191–216.
181. Mehra, M. IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks/ M. Mehra, S. Saxena, S. Sankaranarayanan, R. J. Tom, M. Veeramanikandan // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. 155, P. 473–486.
182. Michael, R. *Soilless culture: Theory and Practice*. Netherlands/ R. Michael, J. H. Lieth // Elsevier Science. 2008. P.608.
183. Moe, R. Physiological aspects of supplementary lighting in horticulture. III International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture/ R. Moe // 1994. 418, P.17–24.

184. Morrow, R. C. LED lighting in horticulture/ R. C. Morrow// HortScience. 2008.V.43.N. 7. P.1947–1950.
185. Mueller, S. Combination of planting densities with top lopping heights of tomato plants/ S. Mueller, A. F. Wamser// Horticultura Brasileira. 2009. 27(1), P.64–69.
186. Muhammad, A. Intra-row spacing and pruning effects on fresh tomato yield in Sudan Savanna of Nigeria/ A. Muhammad, A. Singh // 2007. P. 153–161.
187. Musse, M. Monitoring the postharvest ripening of tomato fruit using quantitative MRI and NMR relaxometry/ M. Musse, S. Quellec, M. Cambert, M.-F. Devaux, M. Lahaye, F. Mariette// Postharvest Biology and Technology. 2009. Vol. 53. № 1–2. P. 22–35.
188. Nanya, K. Effects of blue and red light on stem elongation and flowering of tomato seedlings/ K. Nanya, Y. Ishigami, S. Hikosaka, , E. Goto, // VII International Symposium on Light in Horticultural Systems. 2012.956, P. 261–266.
189. Nederhoff, E. Water use efficiency of tomatoes/ E. Nederhoff, C.Stanghellini // Practical Hydroponics and Greenhouses. 2010. 115, P.52–59.
190. Nhut, D. T. Light-emitting diodes (LEDs): an artificial lighting source for biological studies/ D. T.Nhut, N. B. Nam// The Third International Conference on the Development of Biomedical Engineering in Vietnam. 2010. P.134–139.
191. Nicola, S. Soilless Cultivation through an Intensive Crop Production Scheme/S. Nicola, D. Savvas, W. Voogt// Management Strategies, Challenges and Future Directions. 2020.
192. Obaid, A. A. Effect of cultural media and nutrient solution on quality and production of cucumber by using hydroponic system/ A.A. Obaid, K. D.Hassan//The Iraqi Journal of Agricultural Science. 2019. 50(1), P. 286–295.
193. Oyaert, E. Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities/ E. Oyaert, E.Volckaert, P.C. Debergh// Scientia Horticulturae. 1999. 79(3–4), P. 195–205.
194. Pagliarini, E. Sensory profile of eight tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum*) and its relationship to consumer preference/ E. Pagliarini, S. Ratti, E. Monteleone // Italian Journal of Food Science (Italy). 2001.13(3), P.285–296.

195. Paik, I. Plant photoreceptors: Multi-functional sensory proteins and their signaling networks/ I. Paik, E. Huq, // *Seminars in Cell & Developmental Biology*. 2019. 92, P. 114–121.
196. Papadopoulos, A. P. Plant spacing effects on light interception by greenhouse tomatoes/ A. P. Papadopoulos, D. P. Ormrod // *Canadian Journal of Plant Science*. 1988. 68(4), P. 1197–1208.
197. Papadopoulos, A. P. Plant spacing effects on yield of the greenhouse tomato/ A. P. Papadopoulos, D.P. Ormrod // *Canadian Journal of Plant Science*. 1990.70(2), P.565–573.
198. Parađiković, N. General and special vegetable farming /N. Parađiković// *Poljoprivredni fakultet*. 2009.
199. Paradiso, R. Light-quality manipulation to control plant growth and photomorphogenesis in greenhouse horticulture: The state of the art and the opportunities of modern LED systems/ R. Paradiso, S. Proietti// *Journal of Plant Growth Regulation*. 2022. 41(2), P.742–780.
200. Paran, I. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper/ I. Paran, E. Van Der Knaap// *Journal of Experimental Botany*. 2007. 58(14), P. 3841–3852.
201. Perveen, R. Tomato (*Solanum lycopersicum*) carotenoids and lycopenes chemistry; metabolism, absorption, nutrition, and allied health claims—a comprehensive review/ R. Perveen, H. A. R. Suleria, F. M. Anjum, , M. S. Butt, I. Pasha, S. Ahmad // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015. 55(7), P.919–929.
202. Petrović, I. Fruit quality of cherry and large fruited tomato genotypes as influenced by water deficit/ I. Petrović, S. Savic, Z. Jovanovic, R. Stikic, B. Brunel, S. Serino, N. Bertin// *Zemdirbyste-Agriculture*. 2019.106(2), P.123–128.
203. Pieczywek, P. M. Postharvest monitoring of tomato ripening using the dynamic laser speckle/ P.M. Pieczywek, M. Nowacka, M. Dadan, A. Wiktor, K. Rybak, D. Witrowa-Rajchert, A. Zdunek// *Sensors*. 2018. 18(4), P.1093.

204. Prikupets, L. B. Technological lighting for agro-industrial installations in Russia/ L. B.Prikupets// *Light & Engineering*. 2018. 26(1), P. 7–17.
205. Prikupets, L. B. Research into influence from different ranges of par radiation on efficiency and biochemical composition of green salad foliage biomass/ L. B. Prikupets, G. V. Boos, V. G. Terekhov, I. G. Tarakanov // *Light & Engineering*. 2018.26(4).
206. Prudent, M. Genetic and physiological analysis of tomato fruit weight and composition: influence of carbon availability on QTL detection/ M.Prudent, M. Causse, M. Génard, P. Tripodi, S. Grandillo, N. Bertin// *Journal of Experimental Botany*. 2009. 60(3), P. 923–937.
207. Ptushenko, V. V. Possible reasons of a decline in growth of Chinese cabbage under a combined narrowband red and blue light in comparison with illumination by high-pressure sodium lamp/ V.V. Ptushenko, O.V. Avercheva, , E. M. Bassarskaya, Y. A. Berkovich, A. N. Erokhin, S. O. Smolyanina, T.V Zhigalova// *Scientia Horticulturae*. 2015. 194, P.267–277.
208. Raffo, A. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1)/ A. Raffo, G. La Malfa, V.Fogliano, G. Maiani, G. Quaglia//*Journal of Food Composition and Analysis*. 2006.19(1), P.11–19.
209. Raffo, A. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages/ A.Raffo, C.Leonardi,V. Fogliano, P. Ambrosino, M. Salucci, L. Gennaro, R.Bugianesi, , F. Giuffrida, G. Quaglia// *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. 50(22) P.6550–6556.
210. Randall, W.C. Comparison of supplemental lighting from high-pressure sodium lamps and light-emitting diodes during bedding plant seedling production/ W.C. Randall, R.G. Lopez// *HortScience*. 2014. 49(5), P.589–595.
211. Ranieri, A. Light influence on antioxidant properties of tomato fruits/ A.Ranieri, D. Giuntini, B. Lercari, G.F. Soldatini// *Progress in Nutrition*.2004. Vol. 6, P.44–49.

212. Raviv M. *Soiless Culture: Theory and Practice*/ M. Raviv, H. L. J.// Elsevier 84 Theobald's Road, London WC1X 8RR, UK. 2008.
213. Regassa, M.D. Evaluation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes for yield and yield components/ M.D. Regassa, A.Mohammed, K.Bantte// *Afr. J. Plant Sci. Biotechnol.* 2012. 6(1), P.45–49.
214. Reis Filgueira, F. A. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na producao e comercializadcao de hortaliocas (Issue 635)*/ F.A. Reis Filgueira // Universidade Federal de Vidcosa. 2000.
215. Resh, H. M. *Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción: una guía completa de los métodos actuales de cultivo sin suelo para técnicos y agricultores profesionales, así como para los aficionados especializados (Issue 631.585)*/ H. M. Resh// Mundi-Prensa. 1997.
216. Rodriguez, B. P. Artificial lighting and spacing as photosynthetic and yield factors in winter greenhouse tomato culture/ B.P. Rodriguez// *J. Am. Soc. Hort. Sci.*. 1975.100, P. 694–697.
217. Sabatino, L. Interactive effects of genotype and molybdenum supply on yield and overall fruit quality of tomato/L. Sabatino, F. D'Anna, G. Iapichino, , A. Moncada, E. D'Anna, C.De Pasquale// *Frontiers in Plant Science.* 2019.9, 1922.
218. Sæbø, A. Light quality affects photosynthesis and leaf anatomy of birch plantlets in vitro/A.Sæbø, T.Krekling, M. Appelgren// *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 1995. V.41.N. 2. P. 177–185.
219. Salman, A. D. (2021). Effect of Ozone Enrichment, Spraying of Organic Nutrients and Type of Nutrient Solution on Growth and Yield of Broccoli under Modified Hydroponics NFT system/A.D. Salman//Ph.D. Thesis / Baghdad University / College of Agriculture/ Department Horticulture & Landscape Gardening. 2021. P.276.
220. Särkkä, L.E. Effects of HPS and LED lighting on cucumber leaf photosynthesis, light quality penetration and temperature in the canopy, plant morphology and yield/L.E. Särkkä, K. Jokinen, C.-O. Ottosen, T.Kaukoranta// *Agricultural and Food Science.* 2017. 26(2), P.102–110.

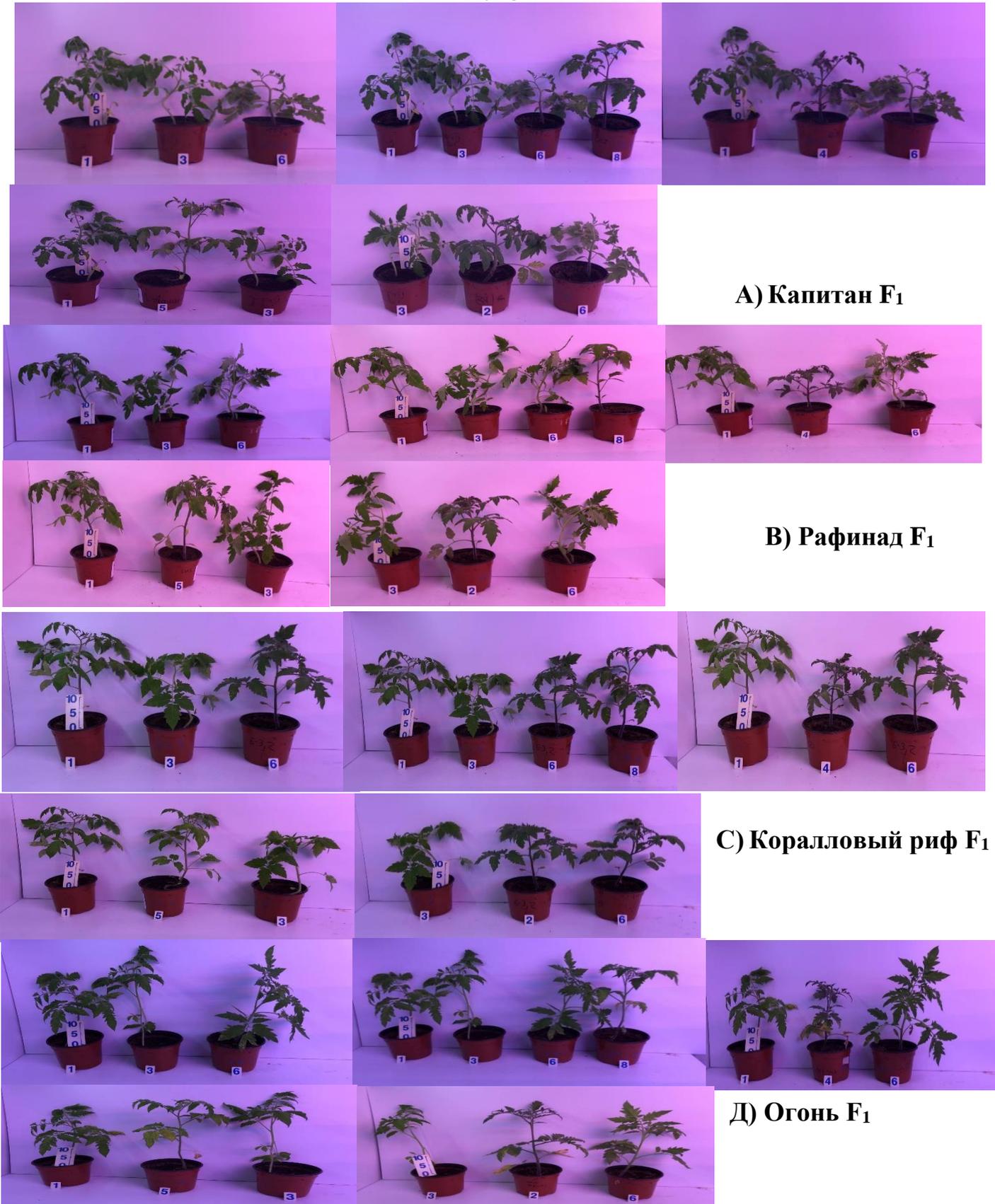
221. Schuerger, A.C. Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light/ A.C. Schuerger, C. S. Brown, E.C. Stryjewski // *Annals of Botany*. 1997. 79(3), P.273–282.
222. Schultz, C. Why the developing world is the perfect market place for solid state lighting/ C.Schultz, I. Platonova, G. Doluweera, D. Irvine-Halliday // *Eighth International Conference on Solid State Lighting*. 2008. 7058, P. 11–28.
223. Sellaro, R. Cryptochrome as a sensor of the blue/green ratio of natural radiation in *Arabidopsis*/ R.Sellaro, M. Crepy, S. A. Trupkin, E. Karayekov, A. S. Buchovsky, C. Rossi, J. J. Casal // *Plant Physiology*. 2010. 154(1), P. 401–409.
224. Shamshiri, R. R. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review/ R.R. Shamshiri, J. W. Jones, K. R. Thorp, D. Ahmad, H. Che Man, S. Taheri // *International Agrophysics*. 2018. 32(2), P. 287–302.
225. Shankara, N. Cultivation of Tomato: Production Processing and Marketing/ N. Shankara, D.G. Marja, H. Martin, V.D. Barbara // *Agromisa Foundation, Wageningen*. 2005. P.63–64.
226. Sharma, N. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview/ N. Sharma, S. Acharya, K. Kumar, N. Singh, O.P. Chaurasia // *Journal of Soil and Water Conservation*. 2018. 17(4), P. 364–371.
227. Shimada, A. Red and blue pulse timing control for pulse width modulation light dimming of light emitting diodes for plant cultivation/ A. Shimada, Y. Taniguchi // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2011. 104(3), P. 399–404.
228. Shimazaki, K. Light regulation of stomatal movement/ K. Shimazaki, M. Doi, S. M. Assmann, T. Kinoshita // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2007. 58. P.219–247.
229. Snowden, M. C. Sensitivity of seven diverse species to blue and green light: interactions with photon flux/ M. C. Snowden, K. R. Cope, B. Bugbee // *PLoS One*, 2016. V.11. N. 10. P. 1–32.

230. Son, K.-H. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes/ K.-H. Son, M.-M. Oh // HortScience. 2013. 48(8), P.988–995.
231. Stamford, J.D. LED Lighting: A Grower's Guide to Light Spectra/ J. D.Stamford, J. Stevens, P. M. Mullineaux, T. Lawson// HortScience. 2023.58(2), P. 180–196.
232. Stevens, M. A. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes/M.A.Stevens, A.A.Kader, M. Algazi// Journal American Society for Horticultural Science. 1977. 102(5), P. 680–689.
233. Suárez, M. H. Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands/ M. H.Suárez, E.M.R. Rodríguez, Romero// Food Chemistry. 2008. 106(3), P. 1046–1056.
234. Taiz L. Plant Physiology / L. Taiz, E. Zeiger// Fifth Edition.U.S.A. .2010. P. 778
235. Tarakanov, I. Light-emitting diodes: on the way to combinatorial lighting technologies for basic research and crop production/ I.Tarakanov, O.Yakovleva, I. Konovalova, G. Paliutina, A. Anisimov// VII International Symposium on Light in Horticultural Systems .2012.956. P. 171–178.
236. Trouwborst, G. Plasticity of photosynthesis after the 'red light syndrome' in cucumber/ G. Trouwborst, S. W. Hogewoning, O. van Kooten, J.Harbinson, W.van Ieperen// Environmental and Experimental Botany. 2016. 121, P. 75–82.
237. Trouwborst, G. The responses of light interception, photosynthesis and fruit yield of cucumber to LED-lighting within the canopy/ G.Trouwborst, J.Oosterkamp,S.W. Hogewoning, J. Harbinson, W. Van Ieperen// Physiologia Plantarum. 2010. 138(3), P. 289–300.
238. Valentin, M. T. Design and fabrication of a pyramid-type plant bed hydroponics of Romaine Lettuce production under lowland condition/ M.T. Valentin, R. B. Casnor, J. C.Fanwa,V.S. Dangan// CLSU International Journal of Science & Technology .2017. 2(2), P. 1–7.

239. Vinha, A. F. Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits/ A. F.Vinha, R. C. Alves, S. V. P. Barreira, A. Castro, A. S. G. Costa, M.B.P. P.Oliveira // *LWT-Food Science and Technology*. 2014. 55(1), P. 197–202.
240. Walls, M. Agriculture and Environment/ M. Walls// MTT Agrifood Research Finland. Accessed On, 1. 2014.
241. Wang, H. Effects of light quality on CO<sub>2</sub> assimilation, chlorophyll-fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in *Cucumis sativus*/ H. Wang, M. Gu, J. Cui, K. Shi, Y. Zhou, J.Yu // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2009. V.96.N.1. P. 30–37.
242. Wang, J. Leaf morphology, photosynthetic performance, chlorophyll fluorescence, stomatal development of lettuce (*Lactuca sativa* L.) exposed to different ratios of red light to blue light/ J.Wang, W. Lu, Y. Tong, Q.Yang// *Frontiers in Plant Science*. 2016. V.7, 250. P. 1-10.
243. Whitelam, G. C. Light and Plant Development/ G. C.Whitelam, H.K.J.// Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 2007.
244. Wong, C. E. Seeing the lights for leafy greens in indoor vertical farming/ C. E. Wong, Z.W.N. Teo, L. Shen, H.Yu// *Trends in Food Science & Technology*. 2020. 106, P. 48–63.
245. Wu, M.-C. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings/ M.-C. Wu, C.-Y. Hou, C.-M. Jiang, Y.-T.Wang, C.-Y. Wang, H.-H. Chen, H.-M. Chang // *Food Chemistry*. 2007. Vol.101. № 4. P. 1753–1758.
246. XiaoYing, L. Regulation of chloroplast ultrastructure, cross-section anatomy of leaves, and morphology of stomata of cherry tomato by different light irradiations of light-emitting diodes/ L. XiaoYing, G. ShiRong, X. ZhiGang, J. XueLei, T. Tezuka// *HortScience*. 2011. 46(2), P. 217–221.
247. Yakovtseva, M. Supplemental lighting for greenhouse-grown strawberries: effects of different ratios of red to blue radiation/ M. Yakovtseva, G. Govorova, I.

- Tarakanov// International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses-GreenSys.2015. 1170. P.1011–1018.
248. Yan, Z. Growth, nutritional quality, and energy use efficiency in two lettuce cultivars as influenced by white plus red versus red plus blue LEDs/ Z.Yan, D. He, G. Niu, Q. Zhou, Y. Qu// International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2020. 13(2), P.33–40.
249. Yashoda, H. M. Mango ripening: changes in cell wall constituents in relation to textural softening/ H.M. Yashoda, T.N. Prabha, R.N. Tharanathan// Journal of the Science of Food and Agriculture. 2006. 86(5), P. 713–721.
250. Zhang, X. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens/X. Zhang, Z. Bian, X. Yuan, X.Chen, C. Lu //Trends in Food Science & Technology. 2020. 99, P.203–216.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1



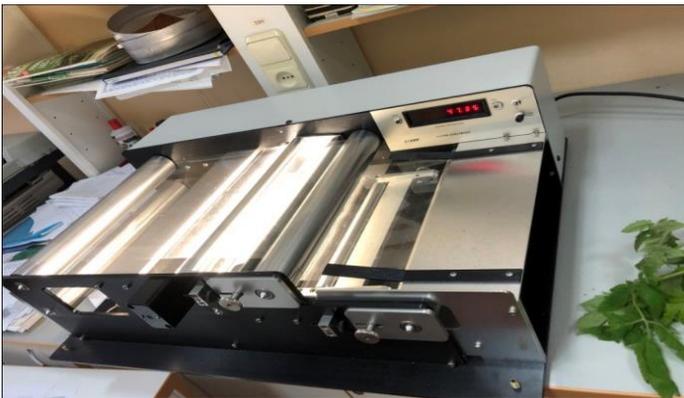
1) Квазимонохроматический красный (2) Зеленый+синий (3) Квазимонохроматический зеленый (4) Синий+красный (5) Зеленый+красный (6) Квазимонохроматический синий (7) Белый

Влияние освещения на гибриды А)Капитан F<sub>1</sub>, В) Рафинад F<sub>1</sub>, С) Коралловый риф F<sub>1</sub>, Д) Огонь F<sub>1</sub>

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2



Определение твердости плодов (Digital Firmness Tester (Agrosta®100 field))



Прибор для площади листьев (LI-3100C Leaf Area Meter)



Прибор для фотосинтеза (LI-6400XT Portable photosynthesis system)



Прибор для содержания хлорофилла в листьях (SPAD)



Содержание сухих растворимых веществ - Рефрактометр



Весенняя плёночная теплица

Теплица –Фитопирамида  
(естественное освещение)



Фитопирамида / «искусственное освещение»

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**УДОСТОВЕРЕНИЕ**

О ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ

**771803127003***Документ о квалификации*

Регистрационный номер

17122

Город

Москва

Дата выдачи

22 сентября 2022 г.

Настоящее удостоверение свидетельствует о том, что

*Аль-Руками**Маад Нассар Мохаммед*

прошел(а) повышение квалификации в (на)

Федеральном государственном бюджетном образовательном  
учреждении высшего образования «Российский  
государственный аграрный университет - МСХА  
имени К.А. Тимирязева»

по дополнительной профессиональной программе

«Современные системы фенотипирования растений»

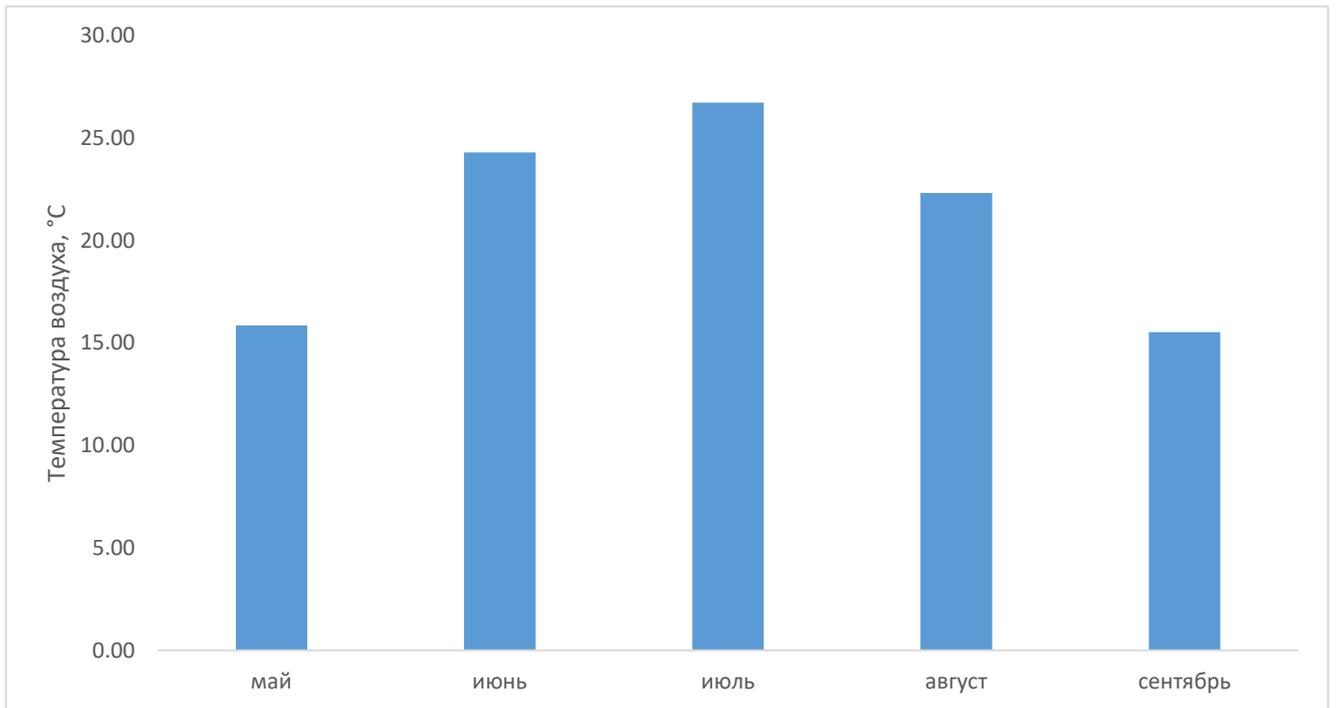
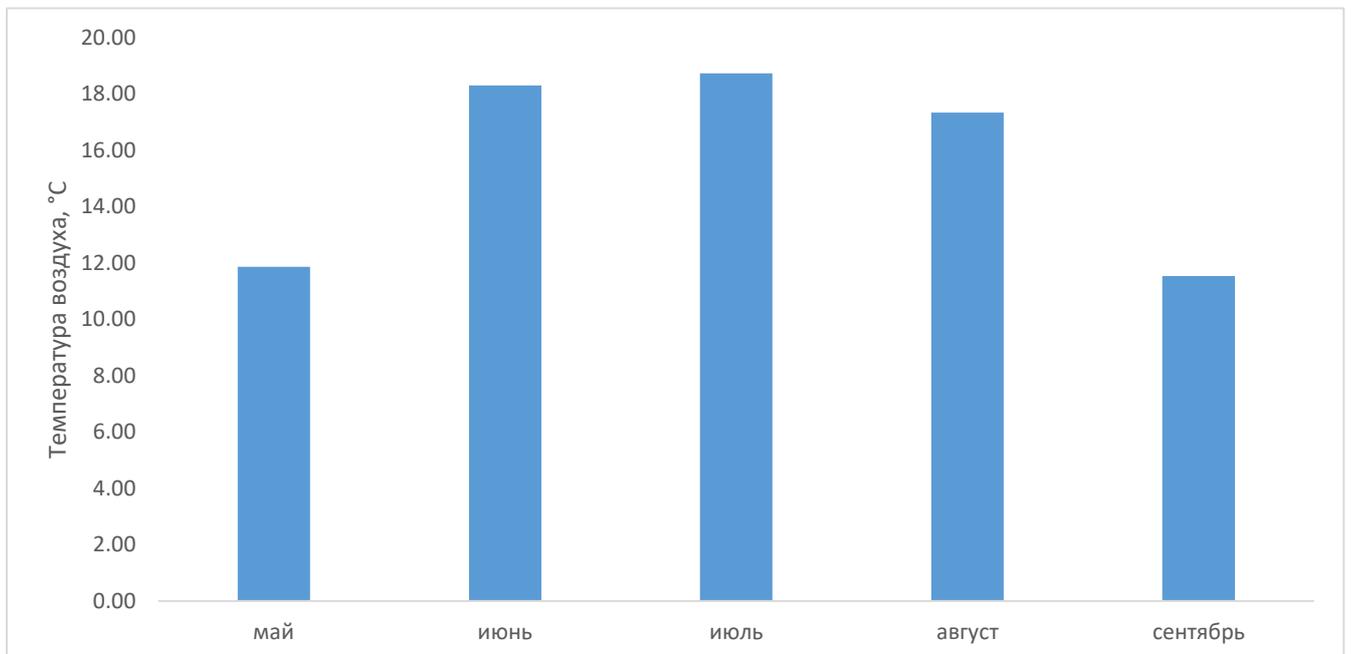
в период с « 20 » сентября 2022 г. по « 22 » сентября 2022 г.  
в объеме

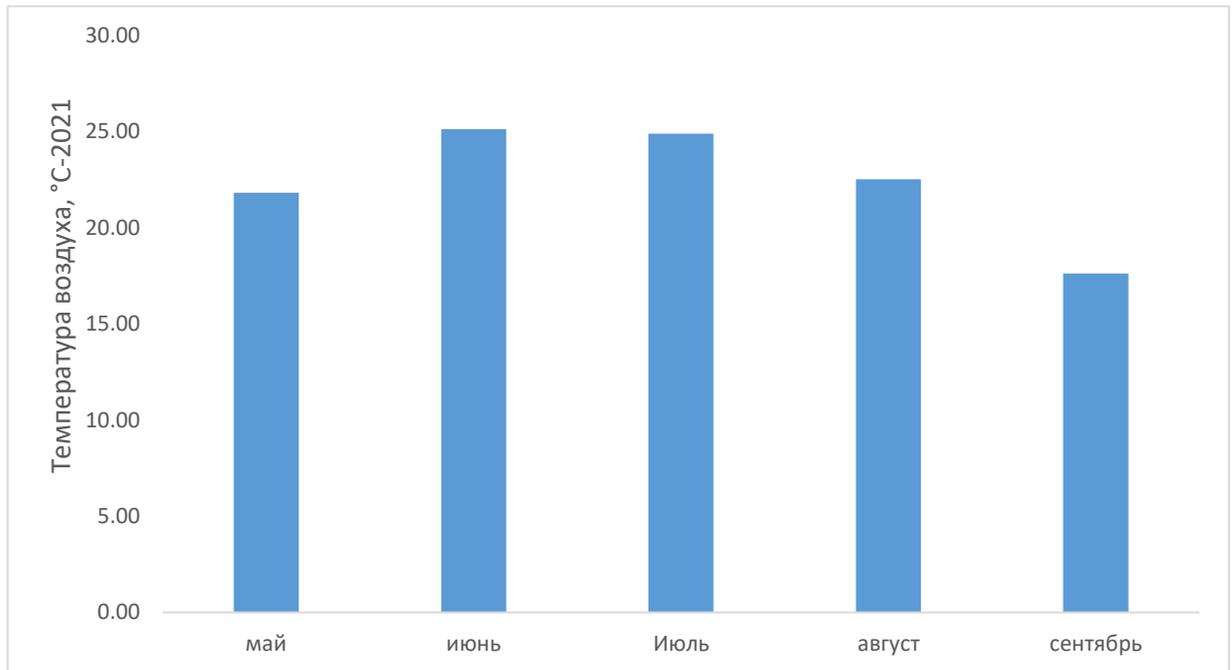
16 академических часов



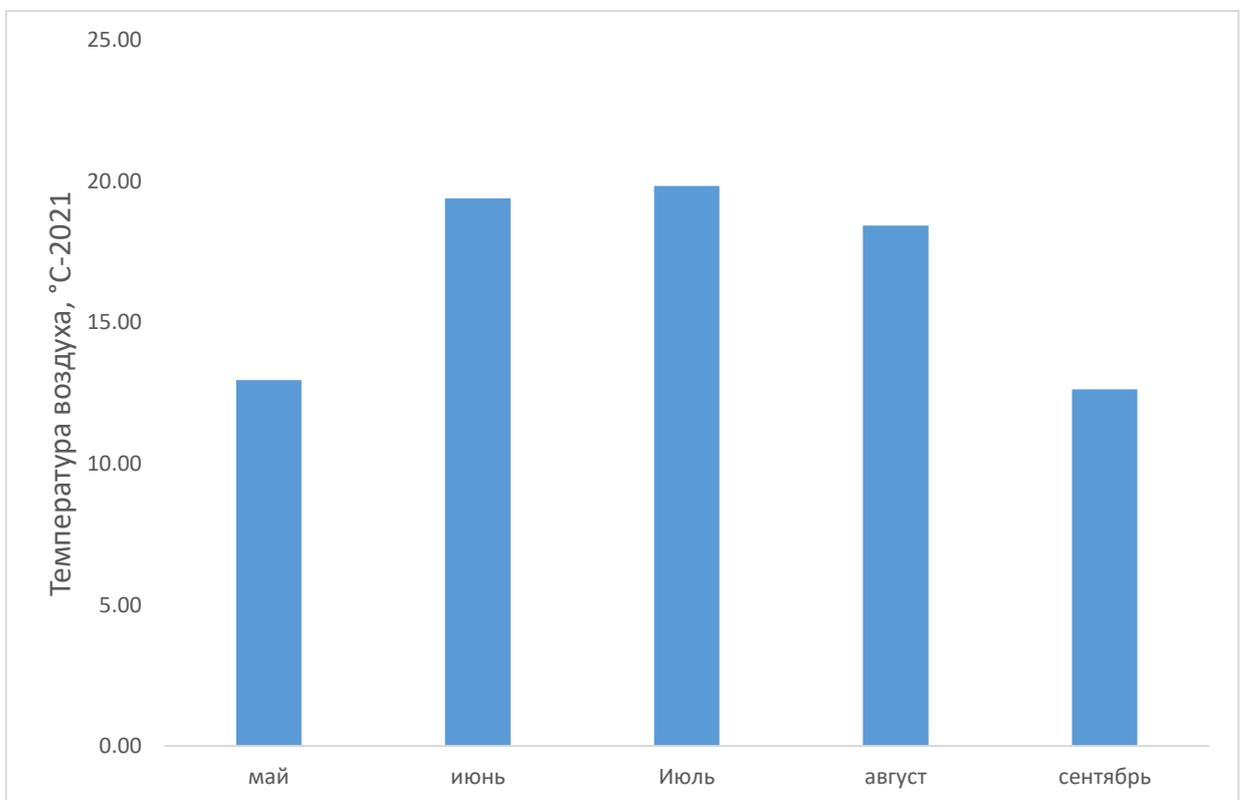
Руководитель  
*Е.В. Хохлова*  
Е.В. Хохлова

Секретарь  
*Е.В. Дабихова*  
Е.В. Дабихова

**ПРИЛОЖЕНИЕ 4****Температура воздуха, °С 2020 (Внутри теплицы «Фитопирамиды»)****Температура воздуха, °С 2020 (снаружи теплицы)**



**Температура воздуха, °С 2021 (Внутри теплицы «Фитопирамиды»)**



**Температура воздуха, °С 2021 (снаружи теплицы)**

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Количественные химические характеристики, теплица /грунт перед посадкой ,  
2020 г.

Определяемые показатели	Ед.измер.	Результаты исследований	Характеристика погрешности	Метод испытаний
Удельная электрическая проводимость *	мСм/см	0,370	± 0,028	ГОСТ 26423-85
Щелочно-гидролизуемый азот	мг/кг	182	± 18	по методу Корнфилда
* Зольность	%	83,1	± 2,5	ГОСТ 27784-88
Органическое вещество (потери при прокаливании)	%	16,9	± 0,5	ГОСТ 27784-88
Кислотность , рН <sub>KCL</sub> *	ед.рН	6,55	± 0,20	ГОСТ 26423-85
Кислотность , рН <sub>H2O</sub> *	ед.рН	7,12	± 0,20	ГОСТ 26423-85
Фосфор подвижный, (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) * по Мачигину	мг/кг	58,5	± 7,0	ГОСТ 26205-91
Калий подвижный, (K <sub>2</sub> O) * по Мачигину	мг/кг	64,7	± 9,7	ГОСТ 26205-91

\* Показатели представлены на сухое вещество

Испытательный центр почвенно-экологических исследований /Российский Государственный Аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева»

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

### Расчёты для Акта внедрения

о проведении производственных испытаний влияния естественного и искусственного освещения на культуре томата в условиях культивационных сооружений, оборудованных вегетационными установками «Фитопирамида», на базе НПФ «Фитопирамида», располагающейся на территории д. Верея, Раменского района Московской области и в НПЦ «Светокультура», г. Москва.

Мы, нижеподписавшиеся, представители федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский Государственный Аграрный Университет — МСХА имени К. А. Тимирязева» в лице Леунова Владимира Ивановича, профессора кафедры овощеводства, доктора сельскохозяйственных наук; Аль-рукаби Маада Нассара Мохаммеда аспиранта кафедры овощеводства; составили расчёты для Акта внедрения, что в период с 15.04.2020 года по 15.09.2020 года в НПФ «Фитопирамида», расположенной на территории д. Верея, Раменского района Московской области; и в период с 1.12.2022 по 15.05.2023 года в НПЦ «Светокультура», г. Москва была проведена производственная проверка результатов научно — исследовательской работы о влиянии естественного и искусственного освещения на культуру томата в условиях культивационных сооружений оборудованных вегетационными установками «Фитопирамида».

### Содержание работы и методика проведения исследований

Исследования о влиянии естественного и искусственного освещения проводили на растениях томата гибрида Розанна F<sub>1</sub> и гибрида Пламенный F<sub>1</sub>. Все исследования во время производственной проверки проводили в соответствии с стандартными методиками исследований, их объёмами, включенными в Общероссийский классификатор стандартов, точностью проведения аналитических исследований.

Установка располагается в поликарбонатной теплице площадью 460 м<sup>2</sup>, оборудована установкой аварийного обогрева. Срок посева семян 15.04.2020, пикировка сеянцев 28.04.2020г, посадка растений рассады на постоянное место 07.05.2020г в возрасте 20–35 дней от посева. Начало сбора плодов: 01.07.2020. Плотность посадки - 16,2 растений/м<sup>2</sup>, повторность в 4-х кратной. Рассаду томата выращивали в условиях искусственной досветки. (возраст растений – 20-35 сут.). Вегетационный период - 3 месяца. Период сбора плодов 2 месяца.

Семена томатов высевали в пластиковые лотки, заполненные субстратами из торфа, и удобряли питательным раствором ( $EC = 1,5 \text{ DS} \cdot \text{m}^{-1}$ ,  $pH 5,5$ ). В течение трёх-пяти недель рассаду томатов выращивали в теплице при температуре от  $18^{\circ}\text{C}$  до  $22^{\circ}\text{C}$  днем и от  $16^{\circ}\text{C}$  до  $18^{\circ}\text{C}$  ночью при относительной влажности воздуха 60-65%. Теплица постоянно проветривалась, для снижения риска развития болезней растений. Рассада с 4-5 настоящими листьями в горшочках с открытой корневой системой пересаживается в гидропонную систему. В рассадный период режим питания - 100 мл на растение в день питательного раствора Хогленда ( $0,54 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ KNO}_3$ ,  $0,84 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $0,14 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ KH}_2\text{PO}_4$ ,  $0,25 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ MgSO}_4$  и  $0,2 \text{ г} \cdot \text{Л}^{-1} \text{ Fe}$ ). В вегетативной фазе  $EC$  питательного раствора составлял  $3,5 \text{ ДС} \cdot \text{м}^{-1}$ , а в фазе цветения -  $5,0 \text{ ДС} \cdot \text{м}^{-1}$ ;  $pH$  еженедельно регулировали до  $pH 5,0-5,5$  и температурой  $25^{\circ}\text{C}$  днем / ночью при относительной влажности 60-65%.

Посев семян в «Фитопирамиду» в условиях светокультуры произвели 1.12.2022. Семена высевали в перфорированные стаканчики-контейнеры, которые впоследствии переставляли в отверстия на трубах стеллажной установки (посадка). Посадка растений на постоянное место произведена 20.12.2022 в фазе 2-3 настоящих листьев в горшки объёмом 0,8 литр с открытой корневой системой. Начало сбора плодов 18.02.2023. Формировали растения на 3–4 кисти с удалением точки роста. Урожай учитывали 2-3 раза в неделю, разделяя плоды на стандарт и нестандарт.

В качестве исследуемого объекта были отобраны - крупноплодный гибрид томата детерминантного типа роста селекции Агрофирмы «Поиск» (РФ), пользующийся спросом на профессиональном рынке юга РФ: Розанна  $F_1$  (розовоплодный, средне - ранний (95-100 дней); и Пламенный  $F_1$  раннеспелый гибрид селекции Агрофирмы «Поиск» для открытого и защищенного грунта, детерминантного типа, формирует плоды, ярко красной окраски, массой 150-180 г.

В условиях искусственного освещения использовали следующие типы ламп: натриевые лампы высокого давления (НЛВД) 600 Вт, ДНаЗ/REFLUX (интенсивность ФАР  $250 \text{ мкмоль} / \text{м}^2 \cdot \text{с}$ ; и светодиодные (СД)-облучатели (Синий+ красный) (плотность потока фотонов  $80 \text{ мкмоль} / \text{м}^2 \cdot \text{с}$ ) с длиной волны 460 нм и 660 нм в соотношении 1:9.

### Полученные результаты

При естественном освещении в первую очередь оказывали влияние характеристика, признаки и свойства конкретного гибрида, а также и время использования установки, в наших исследованиях из двух изучаемых лучшим оказался гибрид Розанна F<sub>1</sub>, урожайность составила 22,88 кг/м<sup>2</sup>, а у гибрида Пламенный F<sub>1</sub> – 16,36 кг/м<sup>2</sup>.

При искусственном освещении также в первую очередь оказывали влияние характеристика, признаки и свойства конкретного гибрида, и в этом исследовании из двух изучаемых лучшим оказался гибрид Розанна F<sub>1</sub>. урожайность составила 26,07 кг/м<sup>2</sup>, а у гибрида Пламенный F<sub>1</sub> – 22,87 кг/м<sup>2</sup>. При более высокой урожайности и продуктивности себестоимость одного килограмма плодов томата данного гибрида оказалась ниже.

При подсчёте экономической эффективности использовали данные по расчёту питательного раствора по технологии «Фитопирамида» по годам исследований и цены на удобрения и препараты.

**Таблица. Расчёт рентабельности применения искусственного и естественного освещения при разных технологиях выращивания (%), на 1м<sup>2</sup>.**

№ п.п.	Наименование статей расчета	Естественное освещение, МВТУ		Искусственное освещение, МВТУ		Естественное освещение, грунт	
		Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>	Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>	Пламенный F <sub>1</sub>	Розанна F <sub>1</sub>
1	Выход продукции, кг.	16,36	22,88	22,87	26,07	7,65	9,16
2	Себестоимость единицы продукции, руб.	49,35	40,95	98,25	87,94	66,33	57,12
3	Цена реализации, руб.	55	55	110	110	80	80
4	Прибыль (выручка), руб.	899,80	1258,40	2515,00	2867,70	612,00	732,80
5	Балансовая стоимость реализованной продукции, руб.	807,44	937,00	2246,92	2292,52	507,40	523,21
6	Рентабельность, %	11,44	34,30	11,93	25,09	20,61	40,06

Расчёт рентабельности применения искусственного освещения при получении товарных плодов томата на вегетационной установке «Фитопирамида» на примере двух гибридов Пламенный F<sub>1</sub> и Розанна F<sub>1</sub>, показал, что показатели рентабельности, рассчитанные нами, позволяют

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

## Расчет питательного раствора (фаза плодоношения) на Фитопирамиде сезон 2020-2023

Удобрение	Кол-во в граммах	N	P	K	Ca	S	Mg	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Mo	Кол-во кг на 1000л	Массовая доля в пит.р-ре, %	Цена руб /кг.	Стоимость в удобрении, руб.	Доля в стоим. %
Содержание вещества в граммах	>>>>>	1,79	0,82	3,21	2,07	1,24	0,61	0,07	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00					
Мастер 3.11.38+4	8,500	0,26	0,41	2,68		0,85	0,204	0,006	0,002	0,000	0,003			0,85	37,36	936	795,6	51,90
Калий Фосфорнокислый КН <sub>2</sub> РО <sub>4</sub> (монокалий фосфат)	1,800		0,41	0,51										0,18	7,91	1740	313,2	20,43
Кальций азотнокислый Са(НО <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (кальциевая селитра)	7,500	1,08			1,46									0,75	32,97	145	108,75	7,09
		0,08																
Калия нитрат КНО <sub>3</sub>	0,050	0,01		0,02										0,01	0,22	210	1,05	0,07
Кальций хлористый СаС12	0,600				0,19									0,06	2,64	2800	168	10,96
Сернокислый магний MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O(сульфат магния семиводный)	3,000					0,39	0,300							0,30	13,19	101	30,3	1,98
Нитрат аммония NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (аммиачная селитра)	0,300	0,05												0,03	1,32	21,3	0,639	0,04
		0,05																
Брексил Комби	0,500							0,034	0,005	0,003	0,013	0,006	0,001	0,05	2,20	1652	82,6	5,39
Ферелин	0,500							0,030						0,05	2,20	657	32,85	2,14
Кислота азотная HNO <sub>3</sub> концентр. ( в миллилитрах)	0,000	0,00												0,00	0,00	400		0,00
Кислота азотная HNO <sub>3</sub> двухнормальная ( в миллилитрах)	10,000	0,26														435		0,00



## ПРИЛОЖЕНИЕ 8



Фитопирамида

Общество с ограниченной ответственностью  
научно – производственная фирма

# «ФИТОПИРАМИДА»

11542, г. Москва, Коломенская набережная, 18/11, E-mail: [fitopyramida@mail.ru](mailto:fitopyramida@mail.ru); [www.fitopyramida.com](http://www.fitopyramida.com)  
ИНН 7725329035/ КПП 772501001; ОГРН 1167746806743; код ОКПО 04323473; p/c 40702810102620001735 в  
АО «Альфа-Банк», г.Москва, БИК 044525593, Кор/сч. 30101810200000000593, тел. +79169467707

№ 08/09 от «08 » сентября 2023г.

### Акт

Внедрения научных разработок аспиранта ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К. А. Тимирязева» Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед в ООО НПФ «Фитопирамида» располагающейся на территории д. Верея, Раменского района Московской области и в НПЦ «Светокультура», г. Москва.

В 2022 – 2023 гг. в инновационной экспериментально - демонстрационной теплице, оборудованной многоярусными вегетационными трубными установками (МВТУ) «Фитопирамида» внедрены рекомендации по выращиванию томатов при искусственном и естественном освещении.

Расчёт рентабельности выращивания томата на вегетационных установках «Фитопирамида» при получении товарных плодов на искусственном освещении на примере двух гибридов Пламенный F<sub>1</sub> и Розанна F<sub>1</sub> показал, что рентабельность составила от 11,93% до 25,09%, а при естественном освещении рентабельность составила от 11,44% до 34,30%.

Таким образом, при выращивании томата на многоярусных вегетационных установках «Фитопирамида» достигнута положительная рентабельность и в летнее, и в зимнее – весеннее время года.

Ген. директор ООО НПФ «Фитопирамида» \_\_\_\_\_



А.И. Селянский