

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

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2024

Работа выполнена на кафедре овощеводства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Леунов Владимир Иванович,**
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, профессор кафедры овощеводства
ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Гиш Руслан Айдамирович,**
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, заведующий кафедрой
овощеводства ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный университет имени
И.Т. Трубилина

Огнев Валерий Владимирович,
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, доцент кафедры растениеводства и
садоводства ФГБОУ ВО «Донской
государственный аграрный университет»

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Алтайский государственный
аграрный университет»

Защита диссертации состоится «10» июля 2024 г. в 14:00 ч. на заседании диссертационного совета 35.2.030.02 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19., тел: 8(499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и на сайте университета: [http://www. timacad.ru](http://www.timacad.ru).

Автореферат разослан «___» _____ 20__ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.02
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.В. Константинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований

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 (однорусные и многорусные), 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 научнообоснованного 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 проведен большой объем исследований по выбранному направлению, включающий анализ литературных источников, планирование и проведение различных экспериментов, анализ результатов исследований и формулировку обоснованных выводов.

Цель исследования

Изучение влияния различных световых режимов на растения томата для совершенствования технологии выращивания гибридов томата разных групп спелости и разных товарных групп на многорусных 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 томата 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 установлено как наиболее результативное при оценке 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 томата, различающихся по группам спелости, в условиях многоярусной вегетационной трубной установки «Фитопирамида» (МВТУ «Фитопирамида»);
2. Влияние различных спектральных режимов освещения на рассаду томата в условиях фитотрона;
3. Эффективность использования различных источников светодиодного освещения на рост и развитие рассады томата;
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 – виртуальный, (Вавилон, Ирак, 2021); Международная научная конференция «Агробiotехнология-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 молодёжную 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.

Автор выражает благодарность научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук профессору Леунову В.И. и руководителю ООО НПФ «Фитопирамида» Селянскому А.И.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена на кафедре овощеводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева в период 2020-2023 гг.

Исследования проводились 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.

Фитотрон представляет собой изолированную от внешних условий 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.

МВТУ «Фитопирамида» в НПЦ «Светокультура» расположена в изолированном от внешних условий помещении.

Объектом исследований служили гибриды F₁ 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 томата различных товарных групп и групп спелости в условиях теплицы «Фитопирамида», оборудованной многоярусной вегетационной трубной установки и весенней пленочной теплицы.

Площадь выращивания на МВТУ- 326,4 м² (9,6 м х 34м), общая площадь- 460,8 м² (9,6 м х 48м). Плотность посадки на 5 ярусах - 16,2 растения/м², расстояния между растениями в трубе 22 см.). Весенняя пленочная теплица имела четыре гряды шириной 45 см. Гряда включала в себя две линии посадки, три дорожки (разделительные каналы между грядами) для облегчения проведения операций по обслуживанию растений шириной 90 см.. Площадь под опытом в весенней теплице - 144 м² (24м х 6м), расстояние между растениями 35 см, плотность посадки-3,4 растения/м². Применялась система капельного орошения. Опыт проведен в 4-х кратной повторности. Размещение вариантов было проведено методом полностью рендомизированных блоков (RCBD).

В испытании участвовало 11 гибридов томата: Волшебная арфа F₁, Эльф F₁, Капитан F₁, Донской F₁, Афродита F₁, Коралловый риф F₁, Румяный шар F₁, Маргарита блюз F₁, Огонь F₁, Алая каравелла F₁, Мангусто F₁.

На рассаду семена томата высевали в пластиковые лотки, заполненные субстратом на основе торфа и удобряли питательным раствором (ЕС = 2,5 DS•м⁻¹, pH 5,5. 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).

Растения томата формировали в один стебель, еженедельно проводили подкручивание, удаление пасынков, при формировании первой кисти регулярно удаляли нижние листья. Формировали растения на 3–4 кисти с удалением точки роста. Для лучшего завязывания плодов в теплице использовали шмелей Проводили учет урожайности гибридов путем сбора и взвешивания плодов 2-3 раза в неделю по повторностям, разделяя плоды на стандарт и нестандарт. Вегетационный период 3 месяца. Период сбора плодов 2 месяца.

Учеты и наблюдения включали определение динамики роста и развития растений, урожайности, товарности урожая, качества 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 томата 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 F₁, Рафинад F₁, Коралловый риф F₁ и Огонь F₁.

Повторность в опыте четырехкратная. Каждый вариант включал 16 сосудов. В эксперименте использовано 7 вариантов освещения для растений:

1. Квазимонохроматический красный (плотность потока фотонов $80 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$) с длиной волны $\lambda_{\text{max}} = 660 \text{ нм}$.
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 - 5000K . Фотопериод 18 часов.

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.

Растения в опыте выращивались на МВТУ «Фитопирамида» с применением и без применения искусственного освещения. Использовали два типа ламп, сверху натриевые лампы высокого давления (НЛВД) 600 Вт, ДНаЗ/REFLUX (облученность ФАР $250 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$). Внутри ценоза находились трубчатые протяженные светодиодные (СД)-облучатели (Синий+ красный) (плотность потока фотонов $80 \text{ мкмоль/м}^2 \times \text{с}$) с длиной волны $\lambda_{\text{max}} = 460 \text{ нм}$ и 660 нм в соотношении 1:9. Фотопериод 18ч в сутки. Температура воздуха на уровне 22°C днем и 18°C ночью, влажность воздуха была 60–65%.

В опыте использованы гибриды томата Розанна F_1 и Пламенный F_1 , Растения томата формировали в один стебель, еженедельно проводили подкручивание, удаление пасынков, при формировании первой кисти регулярно удаляли нижние листья.

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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сравнительная оценка гибридов томата различных товарных групп (крупноплодные, черри) в условиях гидропоники (МВТУ Фитопирамида). Результаты фенологических и биометрических наблюдений в 2020-2021 гг. (Табл. 1). Для решения проблем конкуренции между растениями, затенения и распространения болезней при отсутствии надлежащих методов обрезки и управления требуется оценка подходящих гибридов на соответствующей высоте. Гибрид Алая каравелла F₁ (Т4) имел наиболее высокий показатель высоты растения на уровне формирования 1 кисти потому что он относится к группе индетерминантных крупноплодных кистевых. Гибрид Капитан F₁(Т1) имел самую низкую высоту растения потому что он относится к группе детерминантных ультраранних крупноплодных.

Таблица 1- Результаты фенологических и биометрических наблюдений гибридов томата на установке (Фитопирамида) (2020–2021 гг.)

№ п/п	Сорт/гибрид	Группа спелости (по описанию)	Высота растения на уровне формирования 1 кисти (см)		Среднее	Число листьев до формирования 1 кисти (шт.)		Среднее	Срок начала цветения 1 кисти, (всходы-цветения) (сут.)		Среднее
			2020 г.	2021 г.		2020 г.	2021 г.		2020 г.	2021 г.	
Группа индетерминантных - биф											
Т3	Коралловый риф F ₁	ср	65,40	53,08	59,24	6,20	5,83	6,02	38,20	36,00	37,10
Т11	Румяный шар F ₁	ср	55,00	52,58	53,79	6,00	6,83	6,42	36,00	35,75	35,88
Группа индетерминантных - черри											
Т2	Волшебная арфа F ₁	ран	49,50	52,17	50,83	9,30	10,75	10,03	29,10	32,50	30,80
Т5	Эльф F ₁	ран	51,80	48,83	50,32	8,20	9,83	9,02	30,00	32,75	31,38
Группа индетерминантных крупноплодных											
Т6	Маргарита блюз F ₁	с-п	50,30	52,58	51,44	5,90	6,08	5,99	35,10	35,50	35,30
Т10	Огонь F ₁	с-п	65,30	53,50	59,40	6,90	6,58	6,74	38,00	36,00	37,00
Индетерминантный крупноплодный кистевой											
Т4	Алая каравелла F ₁	с-п	77,70	52,25	64,98	7,40	6,75	7,08	44,50	38,75	41,63
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных											
Т1	Капитан F ₁	у-ран	41,00	42,42	41,71	6,80	6,25	6,53	31,10	34,50	32,80
Т7	Донской F ₁	у-ран	48,10	39,83	43,97	6,00	6,17	6,08	35,30	36,00	35,65
Т8	Афродита F ₁	у-ран	44,70	39,92	42,31	6,80	6,92	6,86	35,20	34,50	34,85
Полудетерминантный крупноплодный											
Т9	Мангусто F ₁	с-ран	60,30	50,83	55,57	7,40	6,83	7,12	36,10	35,25	35,68
НСР ₀₅			4,01	4,51	-	0,79	0,83	-	1,54	1,50	-

Гибриды томата детерминантного типа были лучшими в том, что обеспечивали самую низкую высоту растения на уровне образования первой кисти. Гибрид Капитан F₁, Афродита F₁ и Донской F₁, сочетали 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 F₁, 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 цикл, 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 уровне 3-4 кистей и после вызревания и сбора плодов, растения удаляют и заменяют подрощенной рассадой. Одной из стратегий получения высоких урожаев являются короткие культурообороты. Гибриды черри характеризуются обильными листьями, и это связано с особенностями гибрида и генетическим фактором. Самыми высокими были: Волшебная арфа F₁ (T2) и Эльф F₁ (T5). Гибрид (T6) Маргарита Блюз F₁ имел наименьшее количество листьев на первой кисти и даже меньше, чем у вышеуказанных гибридов. Предпочтителен компактный, а не крупный лист, но с высокой фитосинтетической активностью. И, соответственно, с освещением, способствующий этому. Цветение является одним из важных качеств, определяющих будущее общего и раннего производства. Из ранних гибридов томата, которые соответствуют условиям МВТУ, лучшими явились гибриды Волшебная арфа F₁ (T2), Эльф F₁ (T5), а также Капитан F₁ (T1).

Урожайность и товарность, исследуемых томата на установке (Фитопирамида). Оценка показателя «число плодов стандарта» по результатам 2020-2021 гг. (Табл. 2), свидетельствует о том, что наблюдается значительный эффект вариантов гибридов томата. 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 F₁ способен формировать плоды ближе по характеристикам к группе «биф» для данных условий.

Сорта с большим количеством кистей на растении и плодов на кисти давали более высокий урожай. «Число плодов» - признак, связанный с генетическим составом гибридов, и существует обратная зависимость между числом плодов и массой плодов, при которой плоды черри Волшебная арфа F₁(T2) и Эльф F₁(T5) превосходили все гибриды по количеству. Из группы раннеспелых детерминантных гибридов выделился гибрид Капитан F₁ (T1), который также обладал хорошим набором хозяйственно ценных признаков, наиболее важный из которых – число плодов. По этому показателю он находится после группы гибридов черри и кистевого гибрида F₁ Алая каравелла (T4). Масса стандартного плода является наиболее важным маркетинговым признаком томата, который зависит от качеств гибрида и его генетического состава.

Таблица 2- Результаты урожайности и товарности томата на МВТУ (2020-21 гг.)

№ п/п	Сорт/гибрид	Группа спелости (по описанию)	Число плодов стандарта (шт.)		Среднее	Масса одного плода стандарта (г.)		Среднее	Продуктивность товарная 1 растения (г/раст)		Среднее
			2020 г.	2021 г.		2020 г.	2021 г.		2020 г.	2021 г.	
Группа индетерминантных - биф											
Т3	Коралловый риф F ₁	ср	9,05	7,45	8,25	141,51	177,13	159,32	1281,79	1305,10	1293,44
Т11	Румяный шар F ₁	ср	12,15	10,20	11,18	164,59	154,54	159,57	1964,65	1574,40	1769,52
Группа индетерминантных - черри											
Т2	Волшебная арфа F ₁	ран	57,55	39,65	48,60	21,86	22,45	22,15	1255,57	877,60	1066,59
Т5	Эльф F ₁	ран	70,10	51,81	60,96	19,48	14,74	17,11	1362,33	767,01	1064,67
Группа индетерминантных крупноплодных											
Т6	Маргарита блюз F ₁	с-п	11,95	9,56	10,76	156,54	112,24	134,39	1847,03	1061,57	1454,30
Т10	Огонь F ₁	с-п	11,55	10,45	11,00	142,07	112,07	127,07	1641,86	1186,72	1414,29
Индетерминантный крупноплодный кистевой											
Т4	Алая каравелла F ₁	с-п	20,26	15,00	17,63	67,78	73,83	70,81	1344,73	1106,39	1225,56
Группа детерминантных ультраранних крупноплодных											
Т1	Капитан F ₁	у-ран	19,31	12,65	15,98	88,62	104,75	96,69	1721,24	1294,30	1507,77
Т7	Донской F ₁	у-ран	9,60	10,40	10,00	141,08	106,30	123,69	1348,40	1104,30	1226,35
Т8	Афродита F ₁	у-ран	11,35	10,35	10,85	93,20	93,37	93,28	1079,24	967,96	1023,60
Полудетерминантный крупноплодный											
Т9	Мангусто F ₁	с-ран	13,00	12,45	12,73	118,88	114,65	116,76	1539,25	1431,27	1485,26
НСР ₀₅			5,72	3,88	-	12,40	28,85	-	223,90	318,90	-

Выделились по этому признаку: Румяный шар F₁ (Т11), и Коралловый риф F₁ (Т3). Наилучшим по показателю «продуктивность товарная 1 растения» был гибрид Румяный шар F₁ (Т11). Это может свидетельствовать о том, что этот гибрид из группы биф, наилучшим образом приспособлен к условиям выращивания по технологии «Фитопирамида». Гибрид Афродита F₁ (Т8) затем гибрид Донской F₁ (Т7), были среди крупноплодных гибридов наименее пригодными для условий «Фитопирамиды».

Сравнение условий в теплице «Фитопирамида» и грунтовой пленочной теплице. Технология выращивания оказывает значительное влияние на срок созревания (Табл. 3). Некоторые гибриды отличались от заявленной в описании группы спелости. Так, раннеспелые Волшебная арфа F₁ и Эльф F₁ обогнали по скороспелости ультраранние Афродиту F₁ и Донской F₁. Значит условия МВТУ «Фитопирамида» оказывают специфическое воздействие на фенотипическое проявление генотипов. Климат «Фитопирамиды» был более оптимальным, для выращивания гибридов томата разной спелости. 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 F₁ (T5) был самым ранним, по сравнению с Алая каравелла F₁(T4), которая была более поздней по признаку спелости.

Таблица 3- Влияние технологии выращивания гибридов томата на срок созревания (всходы-созревание), сут, (2020 - 2021 гг.)

№	Гибрид	Тип выращивания 2020 г.		В среднем по фактору А	Тип выращивания 2021 г.		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
T1	Капитан F ₁	-	-	-	82,00	102,67	92,33
T2	Волшебная арфа F ₁	-	-	-	78,75	100,00	89,38
T3	Коралловый риф F ₁	-	-	-	94,00	111,00	102,50
T4	Алая каравелла F ₁	101,00	122,00	111,50	94,75	114,67	104,71
T5	Эльф F ₁	78,00	112,00	95,00	77,00	101,67	89,33
T6	Маргарита блюз F ₁	-	-	-	87,00	104,33	95,67
T7	Донской F ₁	-	-	-	88,75	112,33	100,54
T8	Афродита F ₁	-	-	-	83,00	99,00	91,00
T9	Мангусто F ₁	-	-	-	84,00	105,33	94,67
T10	Огонь F ₁	-	-	-	89,25	113,67	101,46
T11	Румяный шар F ₁	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 ₀₅ Гибрид фактор (А)		1,00			3,37		
НСР ₀₅ Тип выращивания фактор (В)		0,82			1,44		
НСР ₀₅ по (АВ)		1,42			4,76		

Влияние технологии выращивания гибридов томата на урожайность товарную.

Технология выращивания оказывает влияние и на урожайность товарную, кг/м² у гибридов томатов (табл. 4). 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/м² за 2 месяца плодоношения, а при выращивании в весенней грунтовой плёночной теплице 5-10 кг/м². Показатели у гибрида Румяный шар F₁ (T11) на гидропонике был значительно выше, чем на грунте. Дополнительно в 2020 году оценили урожайность у гибридов F₁ Пламенный и Розанна.

Влияние технологии выращивания оказало значительное влияние на твердость и качество плодов. У большинства гибридов плоды были более твердыми в грунте, чем на гидропонике, у таких, как Капитан F₁ (T1), Коралловый риф F₁ (T3), Алая каравелла F₁(T4), Маргарита блюз F₁(T6), Донской F₁ (T7), Афродита F₁ (T8), Мангусто F₁ (T9), Огонь F₁ (T10). Плоды черри были более твердыми на гидропонике, чем на грунте,

как, Волшебная арфа F₁ (2), Эльф F₁ (T5) (Рис. 1). Среди крупноплодных гибридов Румяный шар F₁ (T11).

Таблица 4- Влияние технологии выращивания гибридов томата на урожайность товарную, кг/м² (2020-2021 гг.)

№	Гибрид	Тип выращивания 2020		В среднем по фактору А	Тип выращивания 2021		В среднем по фактору А
		Фитопирамида	Грунт		Фитопирамида	Грунт	
T1	Капитан F ₁	-	-	-	20,97	7,52	14,24
T2	Волшебная арфа F ₁	-	-	-	14,22	9,10	11,66
T3	Коралловый риф F ₁	-	-	-	21,14	9,78	15,46
T4	Алая каравелла F ₁	21,78	10,86	16,32	17,92	7,60	12,76
T5	Эльф F ₁	22,07	6,33	14,20	12,43	7,23	9,83
T6	Маргарита блюз F ₁	-	-	-	17,20	9,24	13,22
T7	Донской F ₁	-	-	-	17,89	4,51	11,20
T8	Афродита F ₁	-	-	-	15,68	5,15	10,41
T9	Мангусто F ₁	-	-	-	23,19	8,15	15,67
T10	Огонь F ₁	-	-	-	19,22	8,61	13,92
T11	Румяный шар F ₁	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 ₀₅ Гибрид фактор (А)		3,19			2,64		
НСР ₀₅ Тип выращивания фактор (В)		2,60			1,13		
НСР ₀₅ по (АВ)		4,51			3,73		

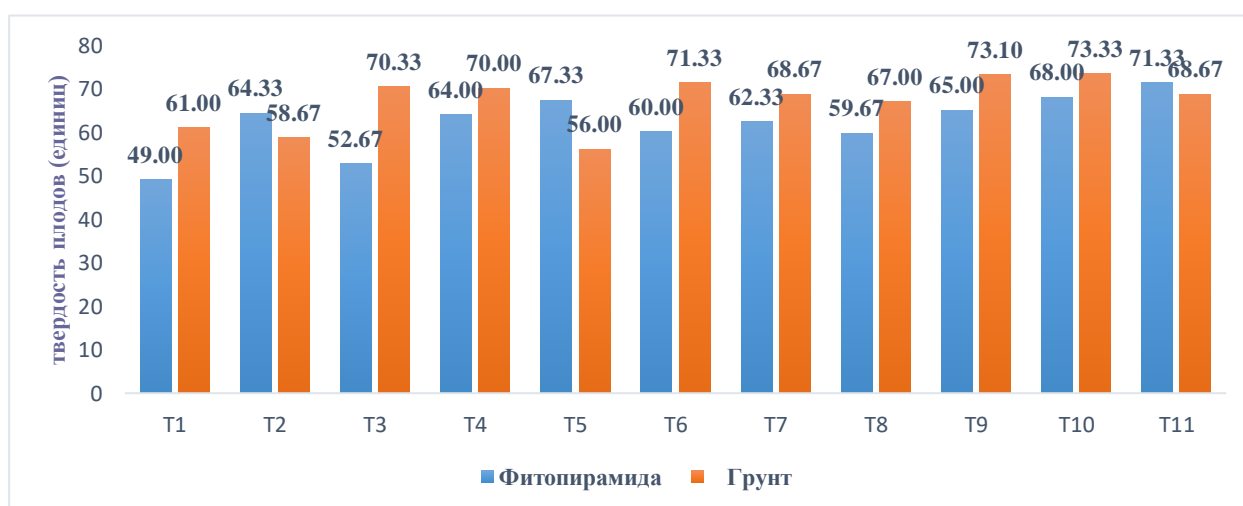


Рисунок 1- Влияние технологии выращивания гибридов томата на твердость плодов, через 112 суток после появления всходов (единиц), 2021г.

Таким образом у большинства гибридов плоды были более твердыми при выращивании на грунте, чем на гидропонике, плоды черри были более твердыми на гидропонике, чем на грунте. Гибриды черри Эльф F₁, и Волшебная арфа F₁ были лучшими по дегустационной оценке в условиях, как грунтовой технологии, так и при малообъемном выращивании (табл. 5).

Таблица 5-Результаты дегустационной оценки плодов томата, на 107 сутки после появления всходов, (Фитопирамида и грунт) (баллы)- 2021 г.

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

Результаты влияния спектрального состава на рост рассады в условиях Фитотрона (камера роста). Влияние спектра на биомассу сырую у рассады томата

Спектральный состав света влияет на показатель сырой биомассы у растений томата. Этот показатель значительно отличался по вариантам через 39 суток после появления всходов (Рис. 2). 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 процесса транспирации и раскрытия устьиц. 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 в вариантах с квазимонохроматическим освещением – красный (К) и зеленый (З). По массе листьев эффект был меньше, чем при квазимонохроматическом красном (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).

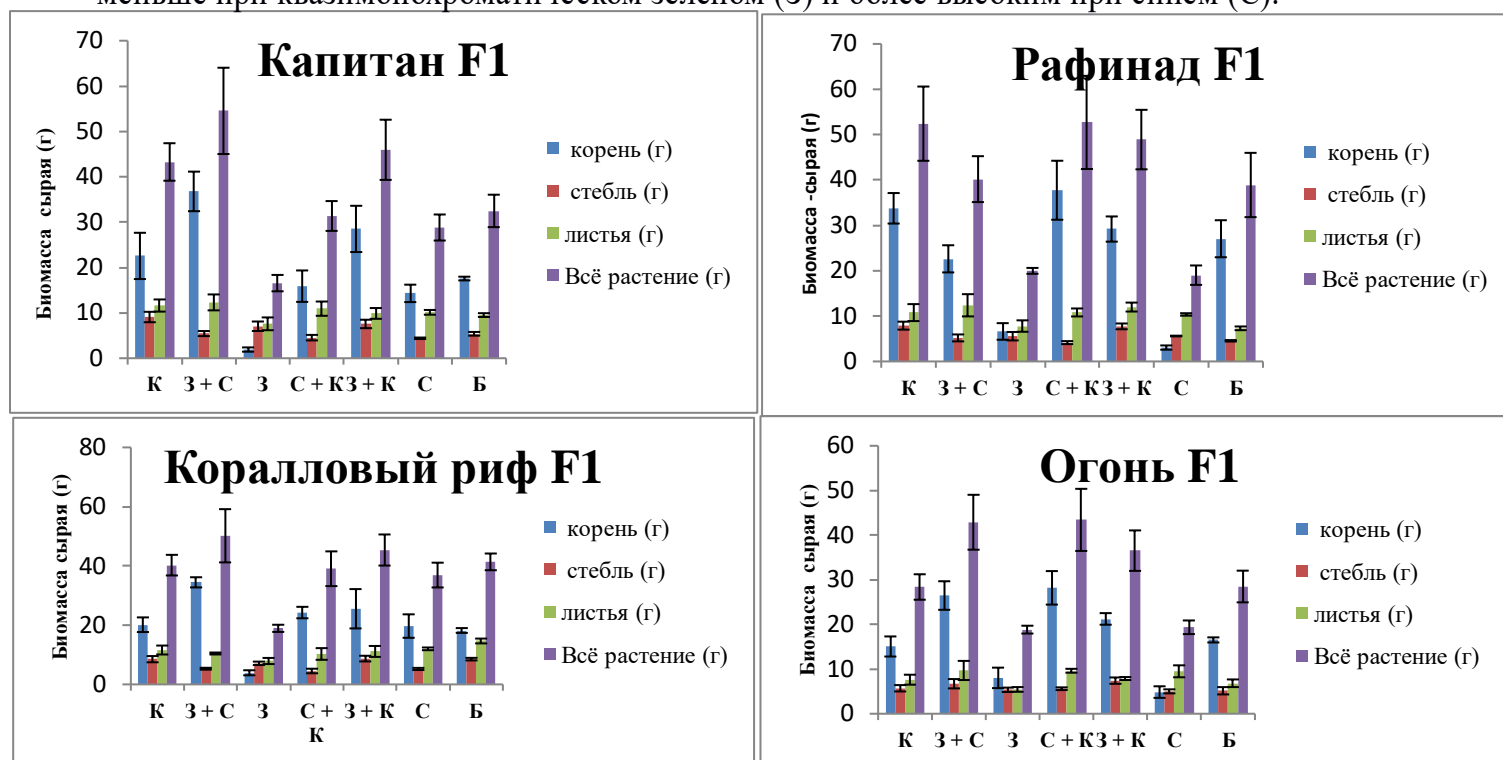


Рисунок 2 - Биомасса сырая (г) в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) и гибридов томата через 39 суток после появления всходов.

Влияние спектра на содержание хлорофилла листьев (SPAD) у рассады томата. 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. 3). Дихроматическое освещение сыграло важную роль в увеличении содержания хлорофилла в листьях. 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. Далее 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 суток 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).

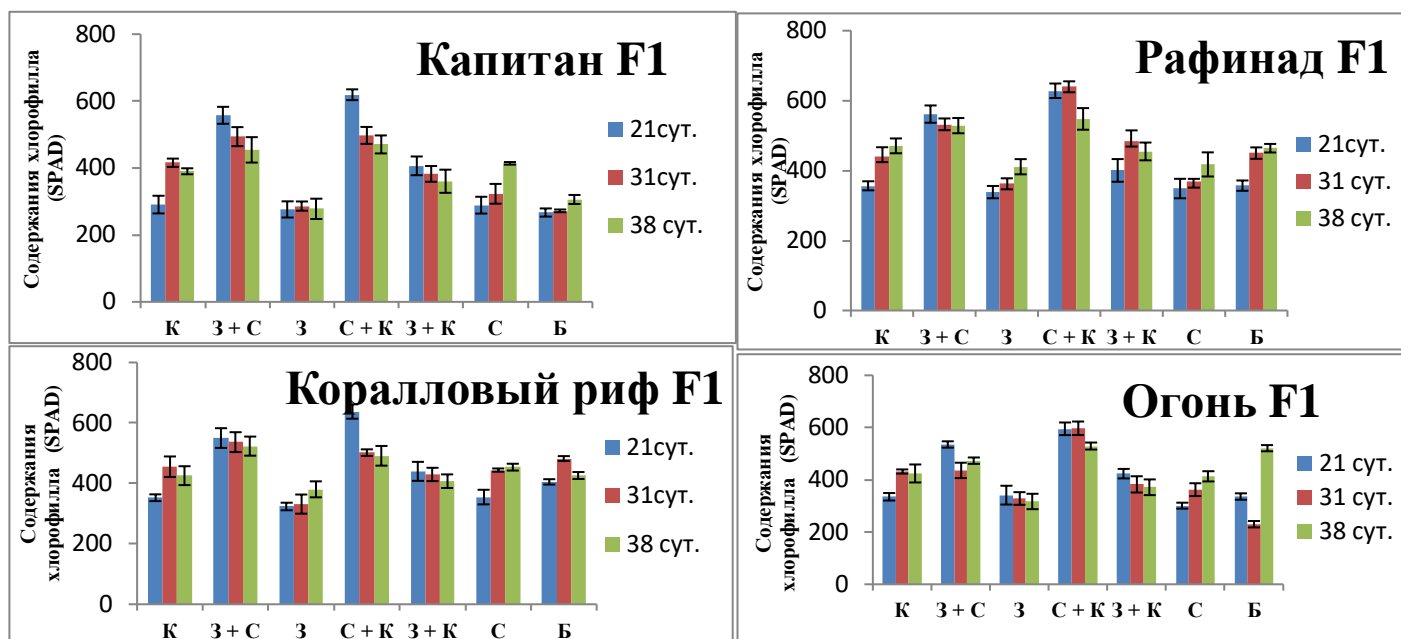


Рисунок 3 - Содержание хлорофилла (SPAD) в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) и гибридов томата через 21, 31 и 38 суток после появления всходов.

Влияние спектра на фотосинтез и рост рассады томата. Светодиодное освещение значительно повлияло на интенсивность фотосинтеза у изучаемых гибридов через 35 суток после появления всходов, которая значительно отличалась по вариантам (табл. б). 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_2 . 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 квазимонохроматический красный (К) и зеленый (З) по отдельности. Двойной свет синий+красный (С+К) дал более высокий эффект, чем монохроматический 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).

Сравнение МВТУ «Фитопирамида» при естественном и искусственном освещении. Влияние естественного и искусственного освещения на высоту растения на уровне формирования 1 кисти. Результаты (Рис.4) показывают влияние МВТУ при естественном и искусственном освещении на высоту растения на уровне формирования 1 кисти (см.). Гибрид Пламенный F₁ был наименее отзывчив при искусственном освещении по сравнению с естественным, по высоте растений, которая 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.

Таблица 6- Интенсивность фотосинтеза в зависимости от вариантов освещения (СД-облучатели) и гибридов томата через 35 суток после появления всходов (мкмоль/м²×с).

Освещение (СД-облучатели)

Гибрид	Освещение (СД-облучатели)							В среднем по фактору А
	К	З + С	З	С + К	З + К	С	Б	
Капитан F ₁	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 ₁	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 ₁	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 ₁	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 ₀₅ Гибрид фактор (А)	0,36							
НСР ₀₅ Освещение фактор (В)	0,48							
НСР ₀₅ 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.

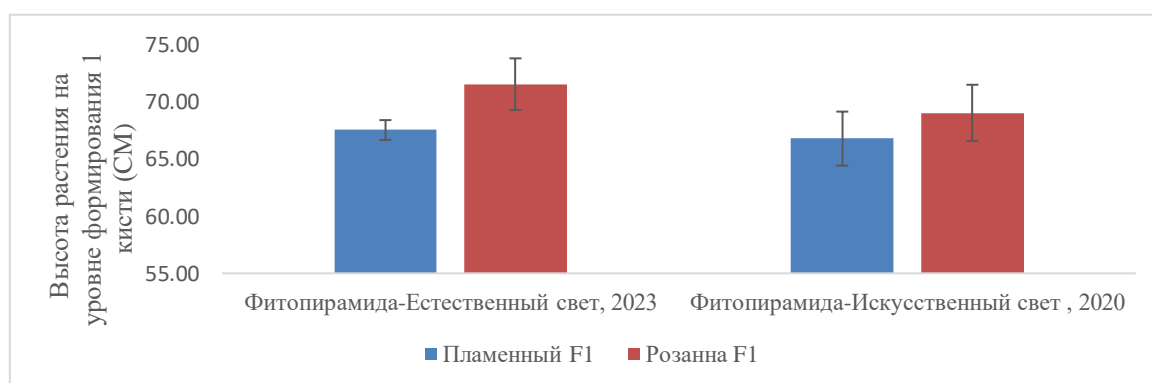


Рисунок 4 -Влияние естественного и искусственного (СД (С+К)+НЛВД) освещения в условиях МВТУ на высоту растения на уровне формирования 1 кисти (см.).

Влияние естественного и искусственного освещения при выращивании томата в условиях МВТУ на срок созревания.

Результаты (табл. 7) показывают влияние на срок созревания в условиях МВТУ (Фитопирамида) при естественном и искусственном освещении. У гибрида Пламенный F₁ 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 F₁, у которого реакции гибрида на скороспелость не было, и значения были схожими в условиях и искусственного и естественного освещения.

Таблица 7- 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 ₁	77,50± 0,87	84,00± 1,08	+6,50
Розанна F ₁	93,50± 0,65	92,75± 1,11	-0,75

Урожайность и товарность, исследуемых томата. Результаты (табл. 8) показывают влияние естественного и искусственного освещения при выращивании на МВТУ на урожайность и товарность, исследуемых томатов. Искусственное освещение увеличивает производственные и качественные показатели, улучшает физиологические и хозяйственные процессы растения по сравнению с естественным освещением, или же показатели могут не меняться в зависимости от реакции гибрида.

Таблица 8- Влияние естественного и искусственного освещения на урожайность, продуктивность и товарность, исследуемых гибридов томата

	Сорт/гибрид	Фитопирамида		Сокращение, или увеличение
		(искусственное освещение) (СД (С+К)+НЛВД), 2023	(естественное освещение), 2020	
Число плодов стандарта (шт.)	Пламенный F ₁	13.00± 0.91	8.23± 1.21	+4.77
	Розанна F ₁	9.25± 0.75	9.12± 0.82	-0.13
Масса одного плода стандарта (г.)	Пламенный F ₁	110.03± 4.46	125.75± 10.55	-15.72
	Розанна F ₁	176.30± 9.30	155.00± 11.90	+21.30
Продуктивность товарная 1 растения (г/раст)	Пламенный F ₁	1412.03±37.67	1010.00±52.60	+402.03
	Розанна F ₁	1609.23±48.78	1412.50±84.20	+196.73
Урожайность товарная, кг/м ²	Пламенный F ₁	22.87± 1.39	16.36± 1.68	+6.51
	Розанна F ₁	26.07± 1.09	22.88± 1.34	+3.19

Экономическое обоснование использования МВТУ «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 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 F₁ (Табл.9). При более высокой урожайности и продуктивности себестоимость одного килограмма плодов томата данного гибрида оказалась ниже. При естественном освещении в первую очередь оказывали влияние характеристика, признаки и свойства конкретного гибрида, а также и время использования установки.

Таблица 9- Расчёт рентабельности применения искусственного и естественного освещения при разных технологиях выращивания (%), на 1м².

№ п.п.	Наименование статей расчета	Естественное освещение, МВТУ		Искусственное освещение, МВТУ		Естественное освещение, грунт	
		Пламенный F ₁	Розанна F ₁	Пламенный F ₁	Розанна F ₁	Пламенный F ₁	Розанна F ₁
		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

Расчёт рентабельности 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 зимне – 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.

Заключение

1. Гибрид Румяный шар F₁ 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 томата, как черри, так и крупноплодных, урожайность товарная составила 12-31 кг/м² за 2 месяца плодоношения, а в плёночной грунтовой теплице 5-10 кг/м².
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 F₁, и Волшебная арфа F₁ были лучшими по дегустационной оценке в условиях, как 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 гипокотыля (72,81 мм), способствовал интенсивности деления клеток, удлинению стебля. Квазимонохроматический синий (С) свет оказывал высокий эффект на увеличение транспирации (4,69 ммоль/м²×с) и устьичной проводимости (0,30 моль/м²×с), способствовал увеличению реакции поглощения СО₂, и, таким образом, улучшал процесс газообмена, увеличивая открытие устьиц. Самый высокий уровень фотосинтеза был при воздействии белого света (3,12 мкмоль/м²×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 часть спектра является основным источником энергии для фотосинтетической ассимиляции СО₂ 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 мкмоль/м²×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 кг/м². У гибрида Пламенный F₁ ускорение созревания произошло на неделю при искусственном освещении. Но у растений гибрида Розанна F₁ 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 F₁ и Розанна F₁., 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 гибриды черри Эльф F₁ и Волшебная арфа F₁ для получения крупных плодов рекомендовать гибриды Румяный шар F₁ и Капитан F₁ 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 работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. 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, **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед** // Картофель и овощи. – 2020. – № 12. – С. 8-11. – DOI 10.25630/PAV.2020.55.99.001.
2. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Гидропоника - перспективное решение для ряда сельскохозяйственных проблем Ирака. / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, Н. Х. Халил, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 6(384). – С. 105-109. – DOI 10.24412/2587-6740-2021-6-105-109.
3. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Малообъемная технология типа "Фитопирамида" и потенциал гибридов томата/ **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, А. К. Спасский // Картофель и овощи. – 2021. – № 12. – С. 31-34. – DOI 10.25630/PAV.2021.33.13.006.
4. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Изучение гибридов томата в условиях беспочвенного возделывания, традиционной системы и различных систем освещения / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Картофель и овощи. – 2023. – № 4. – С. 26-30. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.26.77.001>.
5. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Влияние систем освещения установки «Фитопирамида» на производство томатов и реакция растений на разные световые спектры / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, 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.

Публикации в международных базах цитирования:

6. **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**. The Effect of LED Lighting on the Growth of Seedlings of Hybrid Tomato. / **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**, 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).
7. Farawn K. K. Evaluate of tomato growing in the conditions of subirrigation aeroponics at Fitopyramida greenhouse. / K.K. Farawn, V.I. Leunov, T.A. Tereshonkova, A.H. Salman, **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**, F. Shaaban // IOP Publishing. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. (Vol. 1010, No. 1, p. 012034).
 8. **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**. Production of Tomato Hybrids in Soilless Cultivation (Hydroponic System). / **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**, V. Leunov, T. Tereshonkova, K. Farawn // In Agriculture Digitalization and Organic Production Smart Innovation, Systems and Technologies .Springer. 2022 .P. 201-210.
 9. **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**. Comparison of hydroponics and traditional method in the production of tomato hybrids of different maturity in the greenhouse. / **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**, V. Leunov, T. Tereshonkova // Indian journal of ecology. 2022. (Vol. 49, No. 20, P. 31-35).
 10. **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**. Reaction of Tomato Hybrids to Different Ripeness in Conditions of a Multi-Tube Hydroponic, Soil and Lighting Options. / **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**, 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).

Публикации в других научных изданиях:

11. Тараканов И.Г. Технология беспочвенного культивирования в современном овощеводстве. / И.Г.Тараканов, В.И. Леунов, **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, Т. А. Терешонкова, А.И. Селянский // Теплицы России. № 3/2021.С.6-12.
12. **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**. The effect of different spectrum artificial lighting on four tomato seedlings hybrids. / **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**, V. I. Leunov, T. A. Tereshonkova //Iraqi Journal of Agricultural Research. 2023. 27(1),P. 62–73.

Публикации в сборниках научных трудов, материалах конференций:

13. **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**. Production of tomato hybrids at the multi-tiered vegetative pipe plant (MVTU) "Fitopyramida". / **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed** // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона: Москва, 09–11 июня 2020 года. Vol. 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – P. 226-229.
14. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Оценка гибридов томата с разным уровнем скороспелости в условиях гидропоники (Фитопирамида). / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, Х. К. Фаравн // Растениеводство и луговодство: Всероссийская научная конференция с международным участием, Москва, 18–19 октября 2020 года. – Москва: ЭЙПиСиПабблишинг, 2020. – С. 225-230. – DOI 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-49.
15. Фаравн Х.К. Разработка отдельных элементов технологии выращивания детерминантных гибридов томата на субиригационной аэропонике «Фитопирамида». / Х. К. Фаравн, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед** // Растениеводство и луговодство: Всероссийская научная конференция с

- международным участием, Москва, 18–19 октября 2020 года. – Москва: ЭЙПиСиПабблишинг, 2020. – С. 792-798. – DOI 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-179.
16. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед.** Технология (Фитопирамида), как альтернативное решение для будущего сельского хозяйства в производстве гибридов томата. / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, В.И. Леунов // Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 155 – летию 2-4 декабря 2020 г. г.Москва. ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Выпуск 293. Часть 5. С.194-196.
 17. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед.** Повышение эффективности производства томатов в условиях интенсивного культивирования. / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, В. И. Леунов // Международный научный форум студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновационный вектор развития аграрной науки». – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2022. – С. 15-16.
 18. **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed.** Evaluation of tomato hybrids of various commodity groups under soilless culture type "Fitopyramida". / **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**, V. I. Leunov, T. A. Tereshonkova // Всероссийская научно-практическая конференция «наука без границ и языковых барьеров», 20 мая 2021 года, 2021. – Р. 41-46.
 19. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед.** Использование технологии вертикального земледелия при оценке потенциала гибридов томата. / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, 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: Москва, 07–09 июня 2021 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 319-323.
 20. Фаравн Х.К. Подходы к разработке отдельных элементов технологии выращивания детерминантных гибридов томата на субиригационной «Фитопирамида». / Х. К. Фаравн, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед** // Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова: Москва, 07–09 июня 2021 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 323-328.
 21. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед.** Энергия прорастания семян у гибридов томата с разным уровнем скороспелости при сортоиспытании для условий малообъемной технологии «Фитопирамида». / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова, Х. К. Фаравн // Агробиотехнология-2021: Международная научная конференция, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 356-360.
 22. Farawn K. K. Aeroponics and fitopyramida and modern resource – saving modern technologies for the cultivation of vegetable crops. / K. K. Farawn, V. I. Leunov, T. A. Tereshonkova, **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed** // Агробиотехнология-2021: Международная научная конференция, Москва, 24–25 ноября 2021 года, 2021. – Р. 399-402.
 23. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед.** Дегустационная оценка гибридов томатов с традиционной грунтовой технологии и с малообъемной (Фитопирамида). / **Аль-Рукаби**

- Маад Нассар Мохаммед**, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Студенчество России: век XXI : Материалы VIII Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Орёл, 15 декабря 2021 года. Том Часть 1. – Орёл: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2022. – С. 63-70.
24. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Оценка эффективности возделывания гибридов F1 томата в условиях технологии "Фитопирамида" по товарности плодов. / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, 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.
25. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Влияние высоты растений и срока появления первой кисти у гибридов томата с разным уровнем скороспелости в многоярусной гидропонике. / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, В. И. Леунов, Т. А. Терешонкова // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова: Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 287-291.
26. **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**. Greenhouse designs used in hydroponic. / **Al-Rukabi Maad Nassar Mohammed**, N. H. Khalil, V. I. Leunov, T. A. Tereshonkova // 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. – Р. 136-140.
27. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Оценка технологии выращивания гибридов томатов в многослойной гидропонике и защищенном грунте. / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, 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.
28. **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**. Роль искусственного освещения для рассады гибридов томатов в условиях камера роста. / **Аль-Рукаби Маад Нассар Мохаммед**, 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.