

На правах рукописи

МОХАМЕД МОСТАФА МАХМУД АБДЕЛКАДЕР

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА КАК ЭЛЕМЕНТА ТЕХНОЛОГИИ
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА РОСТ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ
ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ**

Специальность:
06.01.09 – Овощеводство

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва - 2019

Работа выполнена на кафедре агробиотехнологии, инженерии и агробизнеса Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный университет».

Научный руководитель: **Пучков Михаил Юрьевич** доктор сельскохозяйственных наук, доцент, руководитель научно-образовательного отдела Учебно-опытного хозяйства «Начало».

Официальные оппоненты: **Петров Николай Юрьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры Технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественного питания Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»;

Тосунов Янис Константинович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры Физиологии и биохимии растений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Грозный, Грозненский р-н, п. Гикало, ул. Ленина, 1.

Защита диссертации состоится «__» _____ 2019 г. в ____ на заседании диссертационного совета Д 220.019.02, созданного на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (143080, Московская обл., Одинцовский р-н, п/о Лесной городок, поселок ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14).

Тел: (495) 599-24-42

Факс: (495)599-22-77

E-mail: vniissok@mail.ru aspirantura@vniissok.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»: www.vniissok.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2019 г.

Учёный секретарь совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.019.02,
доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

Бондарева
Людмила Леонидовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Овощеводство является одной из основных отраслей АПК, которая обеспечивает круглогодично население нашей страны витаминами, пектинами, ценными минеральными и другими питательными веществами, которые определяют здоровое питание человека. Основные площади под овощами, в том числе и томатами, расположены на юге России. Снижение под ними посевных площадей обусловлено, в первую очередь, резким уменьшением числа специализированных овощных хозяйств, слабо развитой консервной промышленностью и отсутствием технологии механизированной уборки томатов.

Астраханская область традиционно является «Всероссийским огородом». В 2018 г. урожай сельскохозяйственной продукции составил 1940 тыс. тонн. При этом урожай овощных культур составил 1290 тыс. тонн, среди которых томатов собрали 622 тыс. т. в сравнении с 2010 г. – 262 тыс. тонн. Столь активный рост валового урожая овощных культур в Астраханской области, прежде всего связан с запуском консервного комбината (АПК Астраханский), перерабатывающего 5 тыс. тонн томатов в сутки, выращенных на площади 5 тыс. га под капельным орошением. В прошлом году предприятие произвело 30 тыс. тонн томатной пасты. В перспективе планируется введение в эксплуатацию ещё 5 тыс. га. Одновременно с увеличением площади возделывания перед производителями сельскохозяйственной продукции встает задача: вырастить не только высокие и гарантированные урожаи, но и получить высококачественную продукцию.

В связи с тем, что увеличение урожая без дополнительного внесения удобрений является одной из первоочередных задач, то одним из путей ее решения является широкое применение методов биологической «коррекции» продуктивности сельскохозяйственных культур, среди которых весьма эффективными является применение регуляторов роста в технологии выращивания томатов.

Степень разработанности темы. Выявление и описание стимулирующего эффекта различных химических соединений на рост и развитие растений проводилось учёными с начала XX века (Нелюбов, 1901; Кегель, 1936 и др.). Классификация регуляторов роста (PGRs) и их влияние на рост растений были впервые описаны голландскими учёными в 1937 году. В последующем учёные изучали роль PGRs как элемента технологии возделывания на томатах (Петров и р., 2017; Тосунов и др., 2018; Prasad *et al.*, 2013; Akand *et al.*, 2015; Chauhan *et al.*, 2017 и др.), перце (Петров и др., 2017; Байрамбеков и Гарьянова, 2018; Chaudhary *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 2017 и др.), луке и чесноке (Тосунов и Барчукова, 2016; Петров и р., 2017; Савченко и др., 2010; Patel *et al.*, 2010 и др.). Применение регуляторов роста растений выросло по экспоненте, став одним из главных компонентов в агротехнике сельскохозяйственных культур.

В связи внедрением современных агротехнических приемов возделывания, новых специализированных сортов и гибридов, появлением усовершенствованных препаративных форм регуляторов роста, в рамках разработки энергосберегающих экологически безопасных элементов сортовых технологий, возникает необходимость изучения влияния различных по своей природе PGRs на рост, развитие и продуктивность растений

овощных культур, в том числе томатов, для получения гарантированно высокого урожая экологически чистой продукции в условиях конкретной зоны выращивания.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлось научное обоснование применения различных типов регуляторов роста растений в агроклиматических условиях дельты Волги, как элемента сортовых технологий возделываемых и перспективных сортов и гибридов томата разного происхождения, их действия на рост растений, продуктивность и качество плодов.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить сортовую специфику влияния регуляторов роста на морфометрические показатели растений томата на разных фазах развития при выращивании на капельном орошении.
2. Отработать методику цифрометрического измерения площади листьев с использованием программы “IMAGE J” и выявить влияние регуляторов роста (PGRs) растений на фотосинтетическую деятельность растений различных образцов томата в динамике.
3. Установить влияние PGRs на скороспелость, продуктивность растений и урожайность сортов и гибридов томата, питательную ценность и химический состав плодов.
4. Оценить стабильность проявления эффектов действия и экономическую эффективность применения испытываемых препаратов, как элемента технологии выращивания томата на капельном орошении в условиях дельты Волги.

Научная новизна исследований. Впервые, для условий дельты Волги, дана сравнительная оценка эффективности применения регуляторов роста растений различной природы (Крезацин, Циркон, Хитозан и Энерген) как элемента технологии возделывания томатов российской (Моряна, Супергол и Ревизор) и иностранной (Метро F₁ и Кендрас F₁) селекции на капельном орошении. Выявлены общие закономерности и особенности сортовых реакций, дан анализ стабильности проявления эффектов действия испытываемых PGRs на ростовые процессы и продуктивность растений, вкусовые качества и основные биохимические показатели плодов. Установлена высокая отзывчивость образцов томата по большинству показателей, не зависимо от их происхождения, на обработку препаратом Энерген на основе натриевых солей гуминовых и фульвовых кислот, в отличие от других регуляторов роста с более выраженным сортоспецифичным характером действия, а также показано положительное влияние экзогенной ортокрезоксиуксусной кислоты (Крезацин) на качество и биохимический состав плодов. Проведен экономический анализ целесообразности применения различных PGRs, как элемента сортовых технологий выращивания томата в агроклиматических условиях дельты Волги.

Практическая значимость работы. Разработан и апробирован современный методический прием определения площади листовой поверхности растений томата с использованием цифрометрии, позволяющий ускорить и повысить точность проведения морфометрических измерений, а также показана целесообразность использования показателя «Индекс вкуса», как более объективного критерия, характеризующего вкусовые характеристики плодов томата. Предпосевная обработка семян и двукратное опрыскивание растений Цирконом и Энергеном в зависимости от сорта ускоряет созревание плодов на 2-5 суток, повышает урожайность плодов на 6-18% и рентабельность выращивания

томата на 7-22% относительно контроля. На основании полученных данных разработаны рекомендации использования регуляторов роста в экологически чистой технологии выращивания томата на капельном орошении в Астраханской области для получения гарантированно высокого урожая качественных плодов (более 60 т/га) для свежего потребления и переработки.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Сортовые особенности роста и развития растений сортов и гибридов томата различного происхождения в зависимости от применения в технологии их возделывания различных типов регуляторов роста.
2. Продуктивность и питательная ценность плодов томата при применении регуляторов роста растений в технологии их возделывания на капельном орошении.
3. Экономическая целесообразность применения в технологии возделывания томата испытываемых регуляторов роста в условиях дельты Волги.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Полученные результаты исследований подтверждаются математической обработкой данных, полученных в лабораторных, полевых и камеральных опытах. Разрабатываемые агротехнические приёмы были апробированы в хозяйствах Астраханской области на площади 100 га. Основные результаты исследований обсуждались и докладывались на заседаниях кафедры агротехнологии, инженерии и агробизнеса АГУ; учёного и методического советов ВНИИООБ; международных научно-практических конференциях.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 165 страницах компьютерного текста. Работа состоит из введения, обзора литературы, четырёх глав, 32 таблиц, 9 диаграмм, выводов и рекомендаций производству. Библиографический список включает 278 наименований, в том числе 158 – на иностранных языках.

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в 10 научных работах, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 статья в Международной научно-практической конференции «Цифровая сельское хозяйство - стратегия развития» (Atlantis Press – Франция).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы направленность проведения исследований по изучению влияния PGRs, как элемента технологии возделывания томатов на рост, и развитие растений, структуру урожая и качество плодов. Сформулированы цели и задачи, новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследований, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов исследования.

В первой главе «Обзор литературы» представлен обзор источников информации, содержащих историю изучения влияния регуляторов роста на растения. Дается характеристика препаратов и их классификация. Обобщены данные по применению регуляторов роста в системе питания овощных культур. Приводится обзор работ отечественных и зарубежных авторов по проблеме применения регуляторов роста как элемента технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в частности, на томате, и их воздействия

на качество продукции. Дается описание биологических особенностей роста и развития культуры томата.

Во второй главе «Методика исследований» представлены природно-хозяйственная характеристика региона исследования и методики проведения опытов.

Характеристика природно-климатических и почвенных условий. Климат Астраханской области резко континентальный, острозасушливый, изменчивый. Продолжительность теплого периода (с температурой воздуха выше 0°C) составляет 235–260 суток. Годовая сумма активных температур воздуха (выше 10°C) составляет 3370–3500 °C.

Исследования проводились непосредственно автором в 2016–2018 годы на «Опытном поле» ВНИИООб, расположенном в Камызякском районе Астраханской области. Территория закладки опытов представлена аллювиально-луговыми почвами. По механическому составу почвы преимущественно тяжелосуглинистые, имеют слабокислую реакцию почвенного раствора (рН 5,7). Содержание гумуса в пахотном слое 0–20 см составляет 2,7 %, гидролизуемого азота – 0,27 мг, подвижного фосфора – 10,9 мг, обменного калия – 16,5 мг на 100 г почвы. Рельеф опытного участка выровненный.

Общая площадь опытных посевов – 2250 м². Площадь учётной делянки – 30 м². Схема высадки: 70 × 40 см. Число учтенных растений в варианте – 2250 шт. Размещение вариантов рендомизированное. Технология обработки почвы была общепринятой для зоны проведения исследований. Перед основной обработкой почвы были внесены основные минеральные удобрения из расчета N₁₅₀P₁₅₀K₁₂₀. Во время вегетации вносились удобрения из расчета N₃₀P₂₀K₂₀. Способ полива – капельный, оросительная норма – 3000 м³/га. Полевые испытания проводились по общепринятым методикам для мелкоделяночных полевых опытов (Доспехова Б.А. 1985). Повторность в вариантах трёхкратная.

Объекты исследования - регуляторы роста растений Крезацин, Хитозан, Циркон, Энерген; *предмет исследования* - влияние регуляторов роста растений (PGRs) на рост, развитие, урожайность растений и качество плодов образцов томата российской (сорта Моряна, Супергол, Ревизор) и иностранной селекций (гибриды Метро F₁, Кендрас F₁).

Краткая характеристика препаратов. Крезацин (действующее вещество - ортокрезоксисукусная кислота) (ООО «Флора-Си», Россия) и Циркон (действующее вещество – гидроксикоричная кислота) (ННПП «НЭСТ М», Россия) получены синтетическим путём. Биополимер Хитозан (действующее вещество – хитин) (АГТУ, Россия) выделен из объектов природного происхождения (хитиновый покров ракообразных). Энерген (действующее вещество – натриевые соли гуминовых и фульвовых кислот) (ООО «Техноэкспорт», Россия) получен путем экстракции гуминовых соединений.

Краткая характеристика образцов томата. Изучаемые сорта Моряна (ФГБНУ ВНИИООб, ООО НПП Агровнедрение, Россия), Ревизор (ООО НПП Агровнедрение, Россия), Супергол (ООО НПП Агровнедрение, Россия) и гибриды Метро F₁ (Nunhems B.V., Голландия), Кендрас F₁ (Nunhems B.V., Голландия) рекомендованы для возделывания на аллювиально-луговых почвах дельты Волги. Тип роста растений всех образцов детерминантный. Рекомендованный сбор урожая – механизированный и ручной. Потребление плодов – в свежем виде и для переработки. Все сорта и гибриды устойчивы к воздействию высоких температур и прямых солнечных лучей.

Схема опыта и методика проведения исследований. Исследования проводили в условиях лабораторного опыта на семенах и полевого опыта в рассадной культуре. Схема полевого опыта заключалась в предпосевной обработке семян и двукратном опрыскивании растений в фазу вегетативного роста и в фазу цветения соответствующими дозами регуляторов роста и включала варианты:

Регулятор роста	Норма расхода препарата		
	обработка семян*		обработка вегетирующих растений**
	мл/кг семян	экспозиция	мл/га
Крезацин	2 мл/кг	30 мин	30 мл/га
Хитозан	4 мл/кг	2 часа	40 мл/га
Циркон	1 мл/кг	2 часа	10 мл/га
Энерген	15 мл/кг	4 часа	300 мл/га

с расходом рабочих растворов : * - 2 л/кг семян; **- 300 л/га. Контроль – обработка водой семян и без обработки растений. Опыт двухфакторный: фактор А — сорт/гибрид томата; фактор В – регуляторы роста растений PGRs.

Посев проводили в середине апреля семенами обработанными в воде (контроль) и в растворах испытуемых препаратов (опытные варианты). Рассаду выращивали в пластиковых кассетах в пленочной неотапливаемой теплице. Кассеты заполнялись искусственным почвогрунтом для рассады томатов «Универсал». Затем рассаду высаживали на опытный участок.

В опыте проводились следующие наблюдения, учёты и анализы:

Морфологические измерения. Всхожесть семян определяли на 10 сутки по ГОСТу 12038-84 *Семена сельскохозяйственных культур методы определения качества* (ч. 2., С.82). На разных фазах вегетации проводился отбор растительных образцов для определения: высоты растения (см); числа листьев (шт.); площади листовой пластины (см²); длины эпикотилия и гипокотилия (см); длины побега (см); длины корня (см), биомассы и сухого вещества (г); числа цветков (шт.), числа (шт.) и завязываемости плодов (%), средней массы плода (г); скороспелости на момент созревания 50% плодов растения (сут.); продуктивности (кг/растение); урожайности (т/га). Площадь листьев (LAI) определяли при помощи разработанной оригинальной методики с использованием программы “IMAGE J” (Мохамед и др., 2018).

Физиологические наблюдения и исследования. По методике А.А. Ничипоровича (1963) определяли: скорость образования сухого вещества; чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

Биохимические исследования. Сухое вещество определяли по ГОСТ 28561-90, 2011; содержание сахаров (°grix) - с помощью рефрактометра (ГОСТ Р51433-99, 2001); кислотность плодов томата (%) измеряли методами определения титруемой кислотности (Seoum *et al.*, 2009; ГОСТ 25555.082, 2010). Содержание аскорбиновой кислоты (мг/100г сырой массы) определяли согласно АОАС (1990) и ГОСТу 24556-89 (2003). Содержания общих каротиноидов (мг/100 г) определяли по ГОСТу Р51443-99 (2000) и Horwitz (2006). Содержание нитратов в плодах томата (мг/кг) определяли по ГОСТу 29270-95 (2010).

Степень зрелости и индекс вкуса определяли по методикам Navez *et al.* (1999), Nielsen (2003), Hernandez *et al.* (2007) с использованием уравнений:

$$\text{Степень зрелости} = \frac{\text{Степень Брикса}}{\text{Кислотность}}$$

$$\text{Индекс вкуса} = \left(\frac{\text{степень Брикса}}{20 \cdot \text{кислотность}} \right) + \text{кислотность}$$

Экономический анализ. Экономическую эффективность применения регуляторов роста в культуре томата определяли согласно методическим рекомендациям (Тосунов, 2008). *Статистический анализ* экспериментальных данных проводили с использованием двухстороннего (двухфакторного) дисперсионного анализа (“ANOVA”) с последующим тестом LSD с $\alpha = 0,05$, с использованием программы “COSTAT v. 6.4”.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние регуляторов роста на ростовые процессы на ранних стадиях онтогенеза

Статистический факториальный анализ влияния изучаемых препаратов на всхожесть семян образцов томата показал, что эффективность влияния действующих веществ, входящих в состав препаратов, отличается (табл. 1). Наиболее выражен положительный эффект по признаку всхожести семян при замачивании семян гибрида Кендрас F₁ (98 %) в растворе Энерген. Самая низкая всхожесть семян (72 %) была отмечена при замачивании семян сорта Супергол перед посевом в воде (Контроль).

Положительное влияние PGRs оказалось более выраженным под действием препаратов Циркон и Энерген на все образцы томатов, причем у сортов с исходно пониженными посевными качествами семян стимуляция прорастания на (4-11%) была существенно выше по сравнению с гибридами Метро F₁, Кендрас F₁, у которых всхожесть в контроле была на уровне 95%.

Таблица 1 – Влияние регуляторов роста на всхожесть семян томата, % (2016–2018 годы)

Сортообразец, фактор А	PGRs, Фактор В					Среднее по фактору А
	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген	
Моряна	72	72	73	82	83	76
Супергол	72	73	74	80	79	76
Ревизор	76	76	76	80	80	78
Метро F ₁	95	95	95	96	97	95
Кендрас F ₁	95	96	96	97	98	96
Среднее по фактору В	82	83	83	87	87	
Отклонение по фактору В	-	1	1	5	5	

НСР₀₅: А = В = 1,1, НСР₀₅ частных различий – 2,5

Тем не менее, результаты анализа показали, что и у иностранных образцов полученные отклонения от контроля в опытных вариантах с данными препаратами также статистически достоверны.

В таблице 2 представлены результаты исследований влияния PGRs на рост корневой системы растений томата на начальных этапах развития, которые показывают, что сорт Ревизор не отзывчив на обработки регуляторами роста. Реакция остальных образцов была сортоспецифична в отношении каждого препарата. Стимуляция роста корня относительно контроля во всех опытных вариантах отмечена только у сорта Моряна (на 2,1-6,2%) и гибрида Метро F₁ (на 1,2-10%).

Таблица 2 – Влияние PGRs на длину корня (см) рассады томата (2016–2018 годы)

Сортообразец, фактор А	PGRs, Фактор В					Среднее по фактору А
	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген	
Моряна	9,7	10,1	9,9	10,4	10,3	10,1
Супергол	8,1	8,3	8,1	8,8	8,9	8,4
Ревизор	7,6	7,5	7,4	7,9	7,5	7,6
Метро F ₁	8,1	8,5	8,2	8,7	8,9	8,5
Кендрас F ₁	9,0	9,1	8,8	9,3	9,3	9,1
Среднее по фактору В	8,5	8,7	8,5	9,0	9,0	
Отклонение по фактору В	-	0,2	0	0,5	0,5	

НСР₀₅: А = В = 0,27, НСР₀₅ частных различий – 0,60

При анализе эффектов PGRs, результат, полученный от применения Хитозана, был минимальным по сравнению с действием других препаратов на всех образцах. При обработке Крезацином отклонение от контроля составило менее 5%. Под воздействием Циркона наиболее существенная стимуляция роста корня отмечена у сорта Супергол, у которого биологическая эффективность (БЭ – отклонение от контроля в %) действия препарата составила около 9%, а в варианте с применением Энергена – у образцов Супергол и Метро F₁ (БЭ=10%). При обработке семян гибрида Кендрас F₁ и сорта Моряна этими препаратами отклонение от контроля также было статистически значимо, хотя БЭ составила всего около 3% и 6-7% соответственно.

Иная реакция различных сортов томата на обработку семян PGRs отмечена в отношении роста надземной части растений (табл.3). Действие Крезацина и Хитозана сортоспецифично, их БЭ в отношении данного признака составила 0,5-11% и 2-9% соответственно, в зависимости от образца.

Таблица 3 – Влияние PGRs на высоту (см) рассады томата (2016–2018 годы)

Сортообразец, Фактор А	Высота растений, см					Среднее по фактору А
	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген	
Моряна	17,9	19,9	19,0	20,3	20,9	19,6
Супергол	19,9	19,8	18,9	22,2	22,8	20,7
Ревизор	14,9	15,6	16,2	17,2	17,2	16,2
Метро F ₁	20,7	20,8	21,1	21,3	22,2	21,2
Кендрас F ₁	19,7	20,8	20,9	20,7	21,1	20,6
Среднее по фактору В	18,6	19,4	19,2	20,3	20,8	
Отклонение по фактору В	-	0,8	0,6	1,7	2,2	

НСР₀₅: А = В = 1,0, НСР₀₅ частных различий – 2,2

Исключение составил только сорт Супергол, у которого отмечено ингибирование роста стебля при обработке Хитозаном на 5% относительно контроля. Обработка Цирконом и Энергеном сортов отечественной селекции способствует существенному увеличению высоты растений на 12-17% относительно контроля, тогда как у гибридов иностранной селекции – всего на 3-7%. То есть, прослеживается зависимость эффективности действия этих препаратов от происхождения образцов. Более высокая БЭ по всем образцам отмечена у препарата Энерген.

Размеры листовой пластинки во многом являются сортоопределяющим признаком, но их развитие также зависит и от агротехнических приёмов. Листья томата имеют

сложную форму, что затрудняет проведение качественных измерений и достоверный анализ площади листовой поверхности (LAI). В связи с этим был разработан алгоритм неразрушающего метода на основе цифрометрии, который позволяет проводить измерения на одном и том же растении несколько раз в течение вегетационного периода. Оценка LAI осуществляется с предельно высокой точностью при помощи программы ImageJ Software, путем компьютерного анализа преобразованной цифровой фотографии листа со стандартной шкалой и на белом фоне (рис. 1, 2).

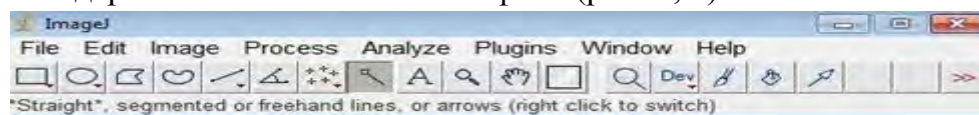


Рис. 1. Главное меню программного обеспечения ImageJ

В программе выполняются следующие шаги: открытие изображения, измерение масштаба, далее перейти в “Image” > “Adjust” > “Color Threshold”, чтобы получить белый фон с красным листом и проводятся измерения.

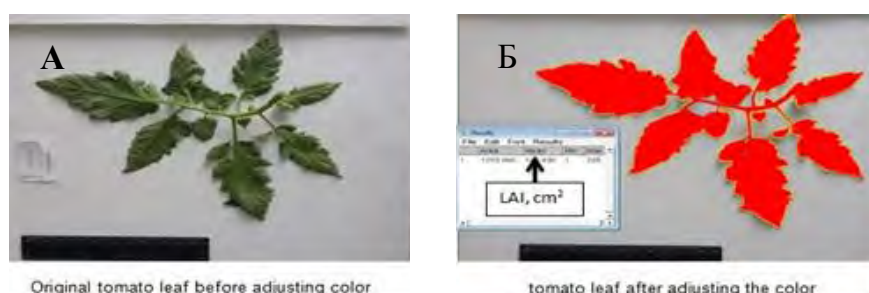


Рис. 2. Измерение LAI в программе “IMAGE J”:
А - исходная фотография;
Б - после корректировки цвета

Результаты исследований, представленные в таблице 4, свидетельствуют, что у изучаемых сортообразцов томата (фактор А) наиболее большая площадь листа отмечена у Супергол и Кендрас F₁ - в среднем за 3 года 57,5 см².

Таблица 4 – Влияние PGRs на площадь листовой поверхности (см²) рассады томата (2016–2018 годы)

Сортообразец, фактор А	PGRs, Фактор В					Среднее по фактору А
	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген	
Моряна	56,9	56,3	55,8	56,7	56,5	56,4
Супергол	57,7	57,1	57,3	57,5	58,0	57,5
Ревизор	52,1	51,8	51,5	52,6	52,2	52,0
Метро F ₁	51,1	50,4	50,4	51,2	51,1	50,8
Кендрас F ₁	57,5	57,2	57,4	58,1	58,0	57,6
Среднее по фактору В	55,1	54,5	54,5	55,2	55,2	
Отклонение по фактору В	-	-0,5	-0,6	0,2	0,1	

HCP₀₅: A = B = 0,55, HCP₀₅ частных различий – 1,2

Образцы Ревизор и Метро F₁ показали минимальные показатели значения площади листа - 52,4 см² и 50,8 см² соответственно. Причем, «площадь листьев» оказалась самым стабильным признаком и не существенно изменялась под действием регуляторов роста, в отличие от длины корня и стебля рассады.

В то же время, результаты исследования, представленные на рисунке 3, указывают, что обработка семян опытных сортов и гибридов томата исследуемыми препаратами значимо влияла на массу сухого вещества надземной части растений. Двухфакторный дисперсионный анализ показал достоверность установленных отклонений от контроля. Наиболее положительный эффект выражен у сортов Моряна и Супергол при обработке

семян Цирконом и Энергеном (БЭ =27-44%), у гибридов Кендрас F₁ и Метро F₁ эффект в этих вариантах был ниже (БЭ =13-20%).

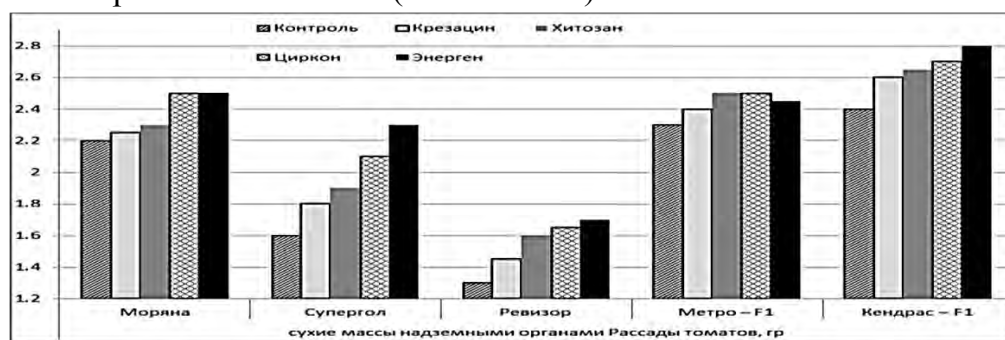


Рис. 3. Влияние PGRs на массу сухого вещества в надземных органах растений (г)

Менее выраженное влияние на массу сухого вещества отмечено при замачивании в растворах PGRs семян сорта Ревизор (БЭ =4-9%). Тем не менее, обработка семян всеми препаратами усиливает процессы синтеза и накопление сухого вещества в надземных органах.

Влияние PGRs на дальнейшее развитие и продуктивность растений томата

От развития растений на ранних этапах во многом зависит не только нормальное наступление и протекание жизненно важных фаз (от цветения до плодоношения) но также срок их наступления и длительность протекания. В целом это отражается на качестве и количестве урожая товарных плодов. Данный процесс можно регулировать агроприемами, среди которых особое место отводится применению PGRs. Действие препаратов PGRs оказывает стабилизирующий эффект на рост развитие органов растений и протекание биохимических процессов. Это подтвердилось и нашими исследованиями.

Анализ полученных опытных данных по фактору А (табл. 4) показал, что по показателю «высота растения» в фазе цветения и фазе плодоношения у сорта Супергол зарегистрированы самые высокие растения (фаза цветения – 63,7 см; фаза плодоношения – 84,1 см), а у сорта Ревизор отмечены самые низкие растения (фаза цветения – 50,2 см; фаза плодоношения – 63,8 см).

Обработка Цирконом и Энергеном способствует существенному увеличению высоты растений относительно контроля (БЭ в фазу цветения: Циркон - 6,8% и Энерген - 8,4%; в фазу плодоношения: Циркон - 5,0%; Энерген - 6,2%). Обработка Крезацином не существенно влияет на увеличение высоты растений при обеих фазах. При изучении взаимодействия факторов, положительный эффект по признаку высоты растений наиболее выражен у сорта Супергол при обработке препаратом «Энерген» (фаза цветения – 66,3 см; фаза плодоношения – 85,8 см). Наблюдается ингибирующий эффект от действия Крезацина у образцов Супергол и Кендрас F₁ – снижение на 1,9 и 3,2% в фазу цветения; на 0,7 и 2,3% в фазу плодоношения относительно контроля (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние обработки растений регуляторами роста на высоту (см) растений томата (2016–2018 годы)

Сортообразец,	Фаза цветения		Фаза плодоношения		
	PGRs, Фактор В	Среднее	Сортообразец,	PGRs, Фактор В	Среднее

Фактор А	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген	фактор А	Фактор А	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген	фактор А
Моряна	52,6	52,9	52,4	55,2	56,6	53,9	Моряна	72,4	72,8	72,4	74,9	76,2	73,7
Супергол	62,5	61,3	63,4	64,9	66,3	63,7	Супергол	83,1	82,5	84,2	85,1	85,8	84,1
Ревизор	45,5	48,2	50,5	53,1	54,0	50,3	Ревизор	60,0	62,1	61,3	67,1	68,8	63,9
Метро F ₁	53,4	54,3	52,7	55,4	56,2	54,4	Метро F ₁	74,1	73,0	74,4	76,6	76,9	75,0
Кендрас F ₁	52,5	50,8	55,3	55,8	55,8	54,0	Кендрас F ₁	72,8	71,1	73,8	76,4	77,0	74,2
Среднее фактор В	53,3	53,5	54,8	56,8	57,7		Среднее фактор В	72,4	72,3	73,2	76,0	76,9	
Отклонение по фактору В		0,4	2,8	6,6	8,3		Отклонение по фактору В		-0,1	1,1	5,0	6,2	

НСР₀₅: А = В = 1,7, НСР₀₅ частных различий – 3,8

НСР₀₅: А = В = 2,0 НСР₀₅ частных различий – 4,5

Число листьев на одном растении существенно изменялось и значительно варьировало в зависимости сортообразца и примененного препарата (табл. 5). Максимальное число листьев в фазе цветения и плодоношения (в среднем 43 и 63 шт./раст.) было зарегистрировано на образце Метро F₁, тогда как минимальное число листьев - у сорта Ревизор (27 шт./раст в фазу цветения и 43 шт./раст. в фазу плодоношения).

Таблица 5 – Влияние регуляторов роста на число листьев, шт./раст. (2016–2018 годы)

Сортообразец, Фактор А	Фаза цветения						Фаза плодоношения						
	PGRs, Фактор В					Среднее фактор А	PGRs, Фактор В					Среднее фактор А	
	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген		Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген		
Моряна	35,4	36,1	36,8	37,5	37,9	36,7	Моряна	54,3	55,0	54,7	56,4	57,0	55,5
Супергол	28,1	27,8	27,7	28,5	29,3	28,2	Супергол	46,1	47,4	46,3	47,2	48,5	47,1
Ревизор	26,0	25,9	25,6	27,3	28,7	26,7	Ревизор	42,4	43,8	42,6	42,9	45,1	43,4
Метро F ₁	41,2	42,4	41,1	44,7	45,1	42,9	Метро F ₁	61,9	61,5	61,0	63,6	65,7	62,7
Кендрас F ₁	35,7	36,6	35,9	38,1	40,1	37,2	Кендрас F ₁	53,4	53,9	53,5	56,7	57,3	55,0
Среднее фактор В	33,2	33,7	33,4	35,2	36,2		Среднее фактор В	51,6	52,3	51,6	53,4	54,7	
Отклонение В		1,5	0,6	6,0	9,0		Отклонение В		1,4	0,0	3,5	6,0	

НСР₀₅: А = В = 2,1, НСР₀₅ частных различий – 4,5

НСР₀₅: А = В = 2,6 НСР₀₅ частных различий – 5,8

Сортообразцы Моряна, Метро F₁ и Кендрас F₁ являются густооблиственными, что в условиях юга России является положительным признаком. На стадии цветения это не приводит к перегреванию цветов и сохраняет фертильность пыльцы, а на стадии плодоношения защищает плоды от солнечных ожогов, сохраняя их товарные качества, что способствует получению гарантированно высокого урожая.

Анализ показал, что на обеих стадиях развития более интенсивно листообразование происходило под влиянием препаратов Циркон и Энерген у всех образцов, в отличие от Хитозана и Крезацина. Наибольший эффект при этом отмечался у препарата Энерген

(БЭ>5-10%). В то же время, на общую площадь листовой поверхности все регуляторы роста оказывают менее значимое влияние (БЭ<3%), но значительно влияют на эффективность работы фотосинтетического аппарата.

Известно, что для получения высоких урожаев необходимы условия, при которых ассимилирующие органы растения могут наиболее эффективно использовать энергию солнечных лучей для образования продуктов ассимиляции. Нами определялась эффективность деятельности физиологической системы растений томатов в результате действия на них PGRs путем измерения чистой продуктивности фотосинтеза в стадиях вегетация–цветения, на которой растения интенсивно синтезируют и накапливают питательные вещества в листьях для использования в стадии плодоношения, и в период от цветения до плодоношения.

Из данных, представленных на рисунке 6 и 7, видно, что влияние генотипа (фактор А) на показатель ЧПФ и сортовая специфика реакции образцов на применение PGRs в зависимости от фазы развития четко выражено. Дисперсионный анализ влияния изучаемых препаратов на чистую продуктивность фотосинтеза (рис. 6А) показал, что стимулирующее влияние PGRs (фактор В) было статистически достоверным под действием препаратов Циркон и Энерген в период вегетация-цветение у большинства образцов, БЭ составила от 5% до 18% в зависимости от образца и природы регулятора роста (исключение - вариант обработки сорта Ревизор препаратом Энерген).

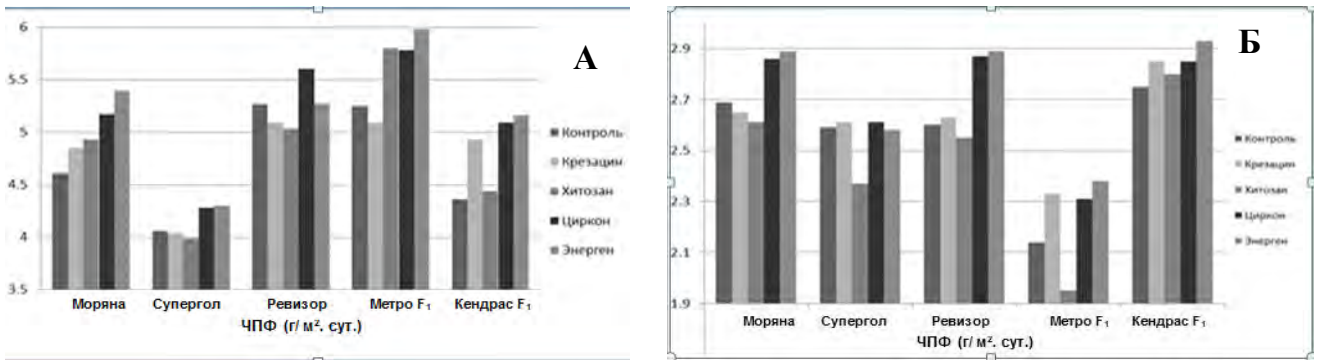


Рис. 6. Влияние применения PGRs на чистую продуктивность фотосинтеза (г/м²·сут.) растений томатов в периоды вегетация–цветения (А) и цветения–плодоношения (Б)

В период цветение–плодоношение отмечено общее снижение показателя ЧПФ почти в два раза во всех вариантах (с 4-6 г/м²·сут до 2-3 г/м²·сут), что связано с активным переносом большинства питательных веществ из листьев в цветочную и плодовую части растения. Так, образец Метро F₁ в период вегетация-цветение, имея наиболее высокие показатели фотосинтетической деятельности (в среднем 5,6 г/м²·сут), в период цветение-плодоношение, наоборот, имел самые низкие значения этого параметра (в среднем 2,2 г/м²·сут.). Тем не менее, и в этот межфазный период, положительное влияние регуляторов роста Циркон и Энерген на ЧПФ отмечалось у большинства образцов, кроме сорта Супергол, у которого ЧПФ была на уровне контроля (рис. 6Б). Также было отмечено, что Хитозан статистически достоверно снижал продуктивность фотосинтеза на данной стадии развития растений томата по сравнению с другими препаратами и особенно значимо у гибрида Метро F₁ и сорта Супергол (до 1,95 и 2,37 г/м²·сут соответственно).

Однако, более высокая скорость фотосинтеза под влиянием PGRs в период активного роста листового аппарата до фазы цветения позволила растениям даже в этом варианте накапливать больший пулл питательных веществ в листьях по сравнению с контролем, что способствовало более полной реализации репродуктивного потенциала растений за счет повышения завязываемости, увеличения числа плодов на растении и их средней массы (табл.6). При этом, наибольшее число плодов на растении во всех вариантах отмечено у мелкоплодного образца Метро F₁ (до 72 шт./раст.), минимальное - у среднеплодного сорта Ревизор (до 26 шт./раст.) по сравнению с другими сортами.

Таблица 6 – Влияние различных PGRs на элементы продуктивности растений томата: число плодов и среднюю массу плода (2016-2018 годы)

Сортообразец, Фактор А	Число плодов, шт. / раст.					Среднее (А)	Средняя масса плода, г					Среднее А	
	PGRs, Фактор В						PGRs, Фактор В						
	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген		Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген		
Моряна	30,7	30,9	31,4	31,5	32,9	31,5	Моряна	58,2	60,4	59,9	63,0	63,0	60,9
Супергол	25,6	26,1	26,0	26,8	27,4	26,4	Супергол	66,8	66,6	67,0	67,2	67,5	67,0
Ревизор	23,7	25,4	25,0	25,1	25,8	25,0	Ревизор	53,4	53,1	53,0	55,9	57,8	54,6
Метро F ₁	66,5	68,2	69,0	72,0	71,7	69,5	Метро F ₁	27,6	27,8	28,2	28,2	28,4	28,0
Кендрас F ₁	32,8	33,5	32,9	34,4	35,2	33,8	Кендрас F ₁	63,0	63,6	63,2	63,4	64,7	63,6
Среднее фактор В	35,9	36,8	36,9	38,0	38,6		Среднее фактор В	53,8	54,3	54,3	55,5	56,3	
Отклонение В		0,9	1,0	2,1	2,7		Отклонение В		0,5	0,5	1,7	2,5	

НСР₀₅: А = В = 1,6, НСР₀₅ частных различий – 3,6

НСР₀₅: А = В = 1,2 НСР₀₅ частных различий – 2,6

В результате применения PGRs увеличивалась продуктивность растений томата (рис. 7), причем вклад отдельных ее составляющих элементов в общую БЭ по продуктивности у образцов был различным (рис. 8).

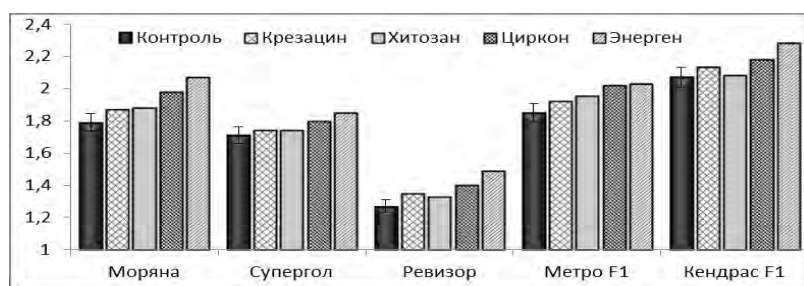


Рис. 7. Влияние регуляторов роста на продуктивность растений томата (кг/растения)

У сорта Моряна во всех опытных вариантах и у сорта Ревизор при обработке препаратами Циркон и Энерген – одновременно за счет увеличения числа и массы плода; у остальных образцов – преимущественно за счет увеличения числа плодов на растении (рис. 8). При этом результаты исследований указывают на еще один важный эффект воздействия обработки PGRs - на скороспелость и дружность созревания плодов в виде сокращения сроков наступления фазы 50%-го созревания плодов на растении относительно контроля, которые зависят не только от сортовых особенностей, но и от агротехники возделывания.

Моряна	54,2	56,6	4,5	57,1	5,3	60,2	11,0	62,9	16,0	58,2
Супергол	51,9	52,7	1,7	52,8	1,9	54,6	5,3	56,1	8,2	53,6
Ревизор	38,4	40,9	6,6	40,2	4,7	42,6	10,9	45,2	17,8	41,4
Метро F ₁	58,4	60,5	3,5	61,5	5,2	63,7	9,6	64,2	9,8	61,7
Кендрас F ₁	62,7	64,6	3,1	63,1	0,6	66,2	5,6	69,1	10,2	65,1
Среднее фактор В	53,1	55,1	3,8	54,9	3,4	57,4	8,1	59,5	12,1	
Отклонение В	-	2,0		1,8		4,3		6,4		

НСР₀₅: А = В = 1,5, НСР₀₅ частных различий – 3,3

Урожайность изучаемых сортов и гибридов изменялась в зависимости от природы действующих веществ используемых препаратов. Наиболее высокие показатели эффективности по урожайности у всех образцов были получены при обработке препаратом Энерген - прибавка от 8% у сорта Супергол до 16-18% у сортов Моряна и Ревизор, а в среднем по всем образцам за три года- 12% относительно контроля (табл. 7).

Несмотря на небольшие размеры плодов у образца Метро F₁ (26-32г) поддержание высокой продуктивности (61,7 т\га) осуществляется за счет высокой завязываемости плодов (69,5 шт./раст.). Сорт Моряна является сортом созданным в 1998 г. для «Астраханской интенсивной технологии». Несмотря на это Моряна не уступает по урожайности (58,2 т\га) современным гибридам иностранной селекции (Кендрас F₁ – 65,1 т\га; Метро F₁ – 61,7 т\га).

Несколько ниже эффективность действия препарата Циркон, которая у сорта Супергол и гибрида Кендрас F₁ составила около 5%, а у других образцов – около 10% относительно контроля. Хитозан на достоверно значимом уровне (более 5%) повысил урожайность у сорта Моряна и гибрида Метро F₁, а на обработку Крезацином отзывчив оказался только сорт Ревизор (6,6%).

Влияние PGRs на химический состав и вкусовые качества плодов

Сухое вещество. Действие всех PGRs проявилось в положительной динамике накопления сухих веществ (табл. 8). Применение PGRs на всех сортах повышает процентное содержание сухого вещества в плодах, что потенциально улучшает их устойчивость к механизированной уборке. Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что наиболее положительный эффект при обработке растений Кендрас F₁ препаратом «Крезацин» (7,83%). Влияние PGRs оказалось что, все препараты улучшают сохое вещество плодов томата относительно контроля. наиболее выраженным под действием препаратов Энерген, Крезацин и Хитозан составило БЭ (19,6, 15,7 и 14,2% соответственно) выше чем контроле.

Таблица 8 – Влияние обработки растений регуляторами роста на содержание сухого вещества (%) в плодах томата (2016-2018 годы)

Сортообразец, Фактор А	PGRs, Фактор В					Среднее фактор А
	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген	
Моряна	5,29	6,43	6,69	5,98	6,77	6,2
Супергол	5,56	6,06	6,36	5,92	6,38	6,1
Ревизор	5,35	5,87	6,02	5,55	6,34	5,8
Метро F ₁	5,59	6,78	6,78	5,89	6,87	6,3
Кендрас F ₁	6,80	7,83	6,70	6,84	7,72	7,1

Среднее фактор В	5,7	6,6	6,5	6,0	6,8
Отклонение по фактору В	-	0,9	0,8	0,3	1,1

НСР₀₅: A = B = 0,2, НСР₀₅ частных различий – 0,5

Изучение влияния накопления сухого вещества у сортообразцов (фактор А) видно, что максимальный эффект отмечен у образца Кендрас F₁ (7,1%), а минимальный процент получен у образца Ревизор (5,8%).

Сумма сахаров и кислотность. Изучаемые препараты оказали положительный эффект на образование сахаров и кислотность плодов всех изучаемых образцов томата (рис. 10). Максимальная сумма сахаров отмечена в варианте «Метро F₁ × Крезацин» (6,55⁰ рг/г), а самый минимальный показатель - в контрольном варианте сорта Ревизор (3,74⁰ рг/г). Препарат Крезацин значительно увеличил этот показатель на сортах Супергол (4,75⁰ рг/г), Ревизор (4,69⁰ рг/г) и гибриде Метро F₁ (6,55⁰ рг/г). Применение препарата Энерген существенно повысило уровень сахаров у сорта Моряна (5,17⁰ рг/г) и гибрида Кендрас F₁ (5,76⁰ рг/г). Среди образцов более высокой отзывчивостью по накоплению суммы сахаров в сравнении с сортом Моряна (в среднем по вариантам 4,72⁰ рг/г) отличались сортообразцы Метро F₁ (5,91⁰ рг/г) и Кендрас F₁ (5,38⁰ рг/г).

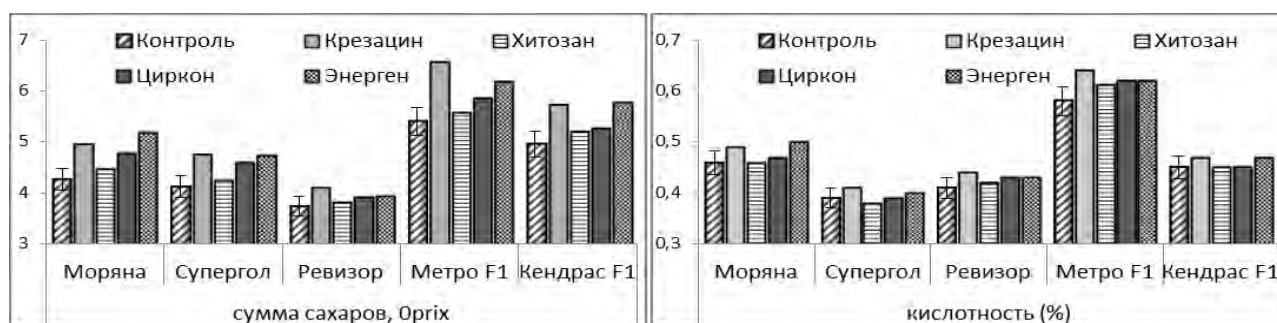


Рис. 10. Влияние обработки растений регуляторами роста на содержание суммы сахаров и кислотность плодов томата (2016-2018 годы)

Аналогичные эффекты действия изученных PGRs отмечены и в отношении обработка Крезацином и Энергеном изучаемых образцов томата способствует существенно увеличению суммы сахаров (БЭ – Крезацин от 11,0 до 21,0%; Энерген от 6,0 до 21,0%) относительно контроля. При изучении эффекта PGRs (фактор В) установлено, что Крезацин и Энерген дали высокий уровень (БЭ – 5,2 и 5,1%) относительно контроля.

Изменения показателя кислотности плодов, что соответственно сказалось на вкусовых качествах плодов, которые, помимо коэффициента кислотно-щелочного баланса (иначе «степень зрелости плодов»), могут быть охарактеризованы таким показателем, как «Индекс вкуса».

Вкусовые качества плодов. Индекс вкуса является критерием, более объективно отражающий органолептические вкусовые характеристики плодов. При индексе вкуса ниже 0,7 томат считается малосъедобным (Navez *et al.*, 1999). Анализ всей совокупности полученных данных показал, что все изучаемые в наших исследованиях образцы томата имели индекс вкуса выше 0,87. В пределах изученных сортообразцов (фактор А) гибрид Метро F₁ и Кендрас F₁ имели более высокий индекс вкуса (>1,0) плодов томата по сравнению с остальными сортами (табл. 10).

Таблица 10 – Влияние обработки растений PGRs на индекс вкуса томата (2016-2018 г.)

Сортообразец, Фактор А	PGRs, Фактор В					Среднее фактор А
	Контроль	Крезацин	Хитозан	Циркон	Энерген	
Моряна	0,93	1,00	0,95	0,97	1,02	0,97
Супергол	0,93	0,99	0,95	0,97	0,99	0,97
Ревизор	0,87	0,91	0,87	0,89	0,90	0,89
Метро F ₁	1,05	1,15	1,07	1,09	1,12	1,10
Кендрас F ₁	1,01	1,08	1,03	1,03	1,09	1,05
Среднее фактор В	0,96	1,03	0,97	0,99	1,02	
Отклонение по фактору В	-	0,07	0,01	0,03	0,06	

НСР₀₅: А = В = 0,01, НСР₀₅ частных различий – 0,02

При изучении влияния регуляторов роста отмечено, что положительный эффект по признаку индекс вкуса. Действие препаратов Крезацин и Энерген увеличили показатель индекс вкуса плодов относительно контроля. БЭ составили (Крезацин от 4,6 до 9,5%; Энерген от 3,5 до 9,4%). Наиболее выражен в вариантах Кендрас F₁×Энерген (1,09), Метро F₁×Циркон (1,09) и Метро F₁×Энерген (1,12).

Содержание аскорбиновой кислоты, каротина и нитратов. Овощи, особенно томаты, являются основным источником витаминов, биологически активных и питательных веществ, которые определяют здоровое питание человека, оберегающее его от ряда заболеваний. Результаты изучения содержания в плодах томата аскорбиновой кислоты и каротина приведены на рисунке 11, из которого видно, что эти показатели главным образом зависят от гинотипа (фактор А).

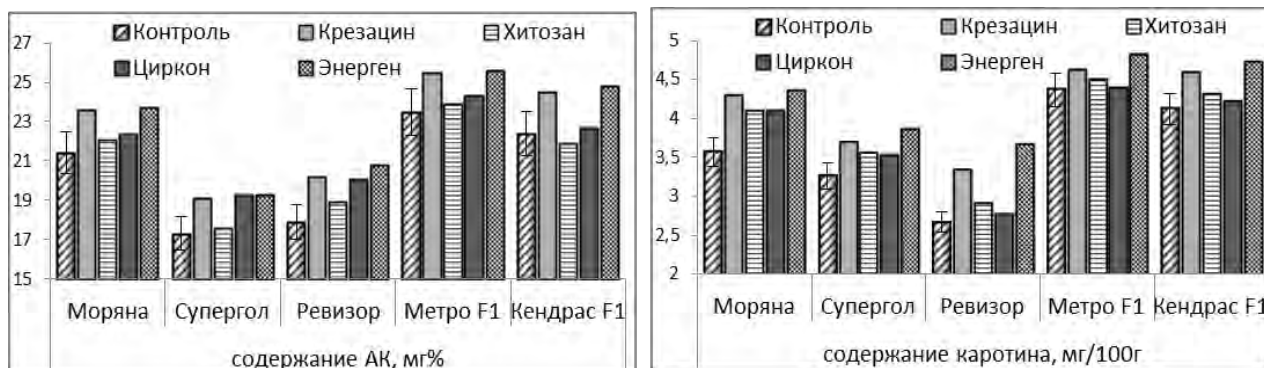


Рис. 11. Влияние обработки растений PGRs на содержание аскорбиновой кислоты и каротина в плодах томатов (2016-2018 годы)

Все изучаемые препараты оказывали положительное воздействие на образование АК и каротина в плодах томата. Самое высокое содержание АК в плодах отмечено у гибрида МетроF₁, у которого данный показатель варьировал в диапазоне 23,5 -25,6 мг/100 г сырой массы; самым низким – сорта Супергол (17,9-20,8 мг/100 г сырой массы). Высокое содержание каротина отмечено также в плодах у анализируемых гибридов томата (4,0-5,0 мг/100 г сырой массы), низкое - в плодах сорта Ревизор (2,5 -3,6 мг/100 г сырой массы). Влияние PGRs (фактор В) оказалось более выраженным под действием препаратов Крезацин (БЭ=8-13% и 6-26% соответственно) и Энерген (БЭ=9-16% и 10-37% соответственно).

С другой стороны под влиянием PGRs отмечено снижение накопления плодами таких антинутриентов, как нитраты (рис. 12). Согласно данным ВОЗ, максимальное количество нитратов, ежедневно поступающего в организм, не должно превышать 3,65 мг/кг веса [Santamaria *et al.*, 1999]. При этом гибрид Метро F₁ имеет самое низкое содержание нитратов по сравнению с другими сортами (14,7–20,8 мг/кг) и далее по возрастанию: Супергол – 18-24 мг/кг; Моряна – 21-28 мг/кг; Кендрас F₁ – 21-35 мг/кг; Ревизор – 35-46 мг/кг.

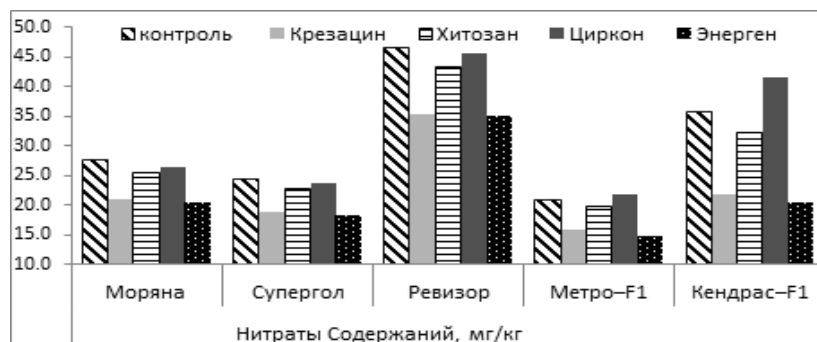


Рис. 12. Влияние обработки растений PGRs на содержание нитратов (мг/кг).

Наиболее положительный эффект по признаку снижение содержания нитратов выражено при обработке семян и растений также препаратами Крезацин (в среднем БЭ = 27,2%) и Энерген (в среднем БЭ = 29,5%). То есть оба эти препарата представляют интерес с точки зрения повышения вкусовых и питательных свойств плодов томата, что сейчас особенно востребовано на потребительском рынке и перерабатывающей промышленности.

Стабильность проявления эффектов и экономическая эффективность применения PGRs на культуре томата в агроклиматических условиях дельты Волги

Одной из важных задач, которая стоит перед АПК является обеспечение населения страны свежей овощной продукцией. Получение гарантированного урожая томата во многом зависит от стабильности проявления эффектов действия предлагаемых элементов технологии, в том числе и обработок растений регулятора роста [Добрынин, 1990]. Оценку экологической стабильности влияния PGRs в разные годы исследования проводили на основании расчета коэффициентов вариации $C_{ve}\%$. Анализ показал, что по основным признакам продуктивности и качества плодов наименьшие его значения среди испытанных препаратов отмечены при использовании препарата Энерген ($C_{ve} < 10\%$), причем практически у всех образцов (табл. 11).

Таблица 11 – Экологическая стабильность ($C_{ve}\%$) проявления БЭ действия регуляторов роста на основные признаки растений томата в условиях дельты Волги (2016-2018 годы)

сорт	регулятор роста	Признак (показатель)						Содержание в плодах			
		Дружность созревания	Число плодов	Средняя масса плода	Продуктивность растения	Урожайность плодов	Индекс вкуса плодов	сухое вещество	Аскорбиновая кислота	Каротин	Нитраты (снижение)
Моряна	Крезацин	78,2	103,1	19,4	28,2	22,4	7,2	14,4	5,1	9,3	10,2
	Хитозан	93,6	27,2	36,2	36,1	31,5	0,6	3,8	77,7	9,0	19,3
	Циркон	35,4	57,5	6,1	21,4	19,3	11,2	2,1	9,1	10,6	33,7

	Энерген	26,9	13,1	9,5	3,8	3,8	6,5	10,0	6,6	5,4	4,3
Супергол	Крезацин	1,4	81,8	176,0	69,0	53,8	15,2	7,8	44,3	4,2	8,7
	Хитозан	32,2	29,0	477,9	40,1	57,7	24,4	4,1	192,6	5,2	48,4
	Циркон	1,4	4,7	199,7	13,8	19,5	8,8	14,7	5,9	11,0	78,0
	Энерген	1,4	6,9	47,4	7,1	13,2	6,9	3,1	19,8	4,0	6,7
Ревизор	Крезацин	72,5	18,4	145,0	22,8	24,8	44,1	16,3	16,2	12,1	3,7
	Хитозан	79,3	37,2	110,0	59,7	59,7	86,6	14,5	35,9	8,0	1,2
	Циркон	6,8	19,3	16,5	16,6	18,1	1,3	23,1	5,7	34,1	40,4
	Энерген	10,9	10,0	8,9	10,1	10,0	1,3	9,6	5,7	3,6	2,0
Метро F ₁	Крезацин	81,6	27,8	73,9	34,3	56,8	5,3	3,6	4,3	15,1	1,7
	Хитозан	75,4	72,3	264,2	100,0	32,1	24,4	5,8	4,3	14,7	28,7
	Циркон	63,0	69,9	151,1	18,0	19,9	13,0	64,7	3,4	173,2	21,6
	Энерген	32,1	21,8	37,0	10,6	8,4	0,6	6,2	4,3	4,4	4,7
Кендрас F ₁	Крезацин	87,4	12,7	72,8	101,9	15,7	8,9	2,7	5,5	2,3	6,2
	Хитозан	334,2	188,9	132,1	164,1	54,8	50,3	62,2	4,5	2,3	36,6
	Циркон	47,5	37,5	109,0	93,1	40,8	35,7	98,2	110,0	2,3	11,5
	Энерген	21,6	1,8	23,9	11,9	5,2	1,5	7,0	8,2	2,3	6,8

Это свидетельствует о достаточно высокой универсальности действия натриевых солей гуминовых и фульвовых кислот препарата Энерген на растения томата. Сортовая специфика в данном случае больше выражена в величине отмеченных эффектов, которая определяется уровнем отзывчивости каждого конкретного образца. При использовании препарата Циркон (д.в. гидроксикоричная кислота) отмечена в основном средняя степень экологической изменчивости эффектов действия на урожайность образцов, за исключением гибрида Кендрас F₁ (Cve>40%). Биологическая эффективность действия других препаратов в большей степени зависела от погодных условий года и имела более выраженную сортовую специфику.

Экономическую эффективность применения регуляторов роста растений на томатах определяли согласно методическим рекомендациям [Тосунов, 2008]. Анализ данных таблицы 12 показывает, что среди новых сортов томата отечественной селекции, возделывание сорта Ревизор на капельном орошении с экономической точки зрения менее прибыльно. Так сумма расчетной прибыли по сорту Ревизор в контрольном варианте составила только 37 тыс.руб. и даже при условии использования стимуляторов роста не достигла и 200 тыс.руб. на 1 га посева. Хотя у данного сорта и выявлен наибольший экономический эффект прироста урожайности при использовании препарата Энерген (17,8%).

Другие сорта и новые гибриды томата характеризуются более привлекательными результатами показателей экономической эффективности, особенно при включении в технологическую схему выращивания обработок препаратами Циркон и Энерген. Особо выделяется перспективный гибрид Кендрас F₁, у которого средняя урожайность за три опытных года во всех вариантах была более 62 т/га, что у сорта Моряна достигалось

только в варианте с применением Энергена, а у гибрида Метро F₁ - с применением Циркона и Энергена.

Таблица 12 – Экономическая эффективность обработки растений PGRs (2016-2018 годы).

Вариант	Контроль	Крезацин	Хитазан	Циркон	Энерген
Моряна					
Урожайность, т/га	54,21	56,63	57,07	60,21	62,89
Прибыль на 1 га, тыс.руб.	441,05	487,47	496,78	559,15	608,62
Уровень рентабельности, %	63,24	69,46	70,80	79,28	85,47
Супергол					
Урожайность, т/га	51,88	52,74	52,85	54,64	56,11
Прибыль на 1 га, тыс.руб.	362,29	377,93	380,74	416,47	442,07
Уровень рентабельности, %	49,82	51,80	52,22	56,97	60,04
Вариант	Контроль	Крезацин	Хитазан	Циркон	Энерген
Ревизор					
Урожайность, т/га	38,40	40,92	40,20	42,57	45,24
Прибыль на 1 га, тыс.руб.	37,27	85,66	72,10	119,27	168,55
Уровень рентабельности, %	4,85	11,07	9,34	15,40	21,57
Метро F₁					
Урожайность, т/га	58,49	60,54	61,55	63,74	64,25
Прибыль на 1 га, тыс.руб.	519,37	558,49	579,05	622,68	629,35
Уровень рентабельности, %	73,26	78,35	81,16	86,98	87,42
Кендрас F₁					
Урожайность, т/га	62,69	64,64	63,09	66,17	69,10
Прибыль на 1 га, тыс.руб.	636,45	673,60	643,65	704,84	759,25
Уровень рентабельности, %	93,59	98,50	94,48	102,94	109,74

Именно обработки данными препаратами наиболее целесообразно рекомендовать для включения в качестве элемента технологии возделывания перспективных сортов и гибридов томата различного происхождения на капельном орошении в агроклиматической зоне Дельты Волги. В результате себестоимость одной тонны готовой продукции в данном случае будет составлять около 10 тыс.руб., а рентабельность достигать более 100%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Целесообразность применения регуляторов роста растений как элемента технологии возделывания томата на капельном орошении в условиях дельты Волги подтверждена совокупностью установленных положительных эффектов испытанных PGRs на ростовые процессы и продуктивность растений томата, которые имеют как общие, так и сортовые особенности действия в зависимости от природы действующего вещества препарата и происхождения образца; установлена высокая отзывчивость образцов томата по большинству показателей на применение препаратов Энерген (д.в. - натриевые соли гуминовых и фульвовых кислот) и Циркон (д.в. - гидроксикоричная кислота); наименее

эффективен - биополимер Хитозан (действующее вещество – хитин) с выраженным сортоспецифичным характером действия.

2. Обработка семян томата регуляторами роста стимулирует их прорастание, рост корней и стебля, процессы листообразования, синтеза и накопления веществ в надземных органах растений на ранних этапах развития; положительные эффекты более выражены у препаратов Циркон и Энерген: всхожесть образцов с пониженными посевными качествами семян повысилась на 4-11%; активизация роста корней составила 6-11% относительно контроля (исключение сорт Ревизор), увеличение высоты рассады - от 3-7% у иностранных гибридов до 12-17% у отечественных сортов, содержание сухого вещества – на 4-9%.

3. Экспериментально доказано, что обработки растений PGRs в период цветения и плодоношения способствуют существенному увеличению высоты растений и числа листьев, значимо повышая эффективность работы листового аппарата - рост показателя чистой продуктивности фотосинтеза при обработках растений Цирконом и Энергеном составил от 5% до 18% относительно контроля в зависимости от образца и фазы развития растений; то есть полученные данные подтверждают факт активизации фотосинтетического аппарата растений под действием регуляторов роста.

4. Высокая скорость фотосинтеза под влиянием PGRs в период активного роста листового аппарата до фазы цветения позволяет растениям накапливать большой пул питательных веществ, что способствует более полной реализации репродуктивного потенциала растений томата и сокращению сроков созревания плодов на растениях, повышая дружность отдачи урожая на 4-7 суток, что важно при механизированной уборке.

5. Повышение продуктивности растений в зависимости от сорта и действующего вещества препарата составило от 2% при обработке сорта Супергол препаратами Крезацин и Хитозан до 18% у сорта Ревизор при обработке препаратом Энерген; при этом у большинства изученных образцов продуктивность растет преимущественно за счет увеличения на 2-9% числа плодов на растении, а у сорта Моряна – одновременно за счет числа и массы плода, которые выше относительно контроля на 1-7% и 3-8% соответственно.

6. Наиболее высокие показатели эффективности у всех образцов по урожайности отмечены при обработке препаратом «Энерген», в среднем по всем образцам за три года – 12% относительно контроля (от 8% у сорта Супергол до 16-18% у сортов Моряна и Ревизор), при этом максимальная урожайность зафиксирована у гибрида Кендрас F₁ при обработке препаратом Энергеном - 69,10 т/га; эффективность действия препарата Циркон у сорта Супергол и гибрида Кендрас F₁ составила около 5%, у других образцов – около 10% относительно контроля; Хитозан на достоверно значимом уровне (более 5%) повысил урожайность у сорта Моряна и гибрида Метро F₁, а на обработку Крезацином отзывчивым является сорт Ревизор (6,6%).

7. Применение регуляторов роста улучшает химический состав и вкусовые качества плодов томата; наиболее выраженное положительное действие отмечено в вариантах с применением препаратов Крезацин и Энерген: отклонение относительно контроля по содержанию сухого вещества составило 15,7-19,6%, суммы сахаров - 6,0 - 21,0%, аскорби-

новой кислоты - 8-16%, каротина - 6-37%, содержание нитратов снизилось в среднем на 28%, а индекс вкуса повысился на 3,5- 9,5% относительно контроля.

8. Высокая ($Cve < 10\%$) экологическая стабильность проявления положительных эффектов по основным признакам продуктивности и качества плодов среди испытанных препаратов отмечена у препарата Энерген; при использовании препарата Циркон отмечена в основном средняя степень экологической изменчивости эффектов действия на урожайность образцов, за исключением гибрида Кендрас F_1 ($Cve > 40\%$); эффективность действия Крезацина и Хитозана в большей степени зависит от погодных условий года и специфики сорта.

9. Доказана экономическая эффективность применения регуляторов роста при выращивании сортов и гибридов томата на капельном орошении в условиях дельты Волги за счет их влияния на урожайность и качество плодов. Особенно выделяются препараты Энерген и Циркон, включение которых в технологическую схему снижает себестоимость продукции на 5-12 %, повышает уровень рентабельности выращивания различных образцов томата на 12-22 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для усовершенствования элементов технологии возделывания томата в условиях дельты Волги на капельном орошении рекомендуется применять:

- Наиболее эффективный препарат Энерген (после его включения в список разрешенных препаратов на томате) по следующей схеме: в дозе 30 мл/кг с замачиванием семян на 4 часа, рабочий раствор 2 л/кг и опрыскивание растений в фазы вегетации и цветения – 300 мл/га;
- Разрешенный препарат Циркон по следующей схеме: в дозе 1,0 мл/кг с замачиванием семян на 2 часа, рабочий раствор 2 л/кг и двукратное опрыскивание растений в фазы вегетации и цветения – 10 мл/га;
- Разрешенный препарат Крезацин для повышения вкусовых и питательных свойств плодов томата по схеме: в дозе 2,0 мл/кг с замачиванием семян на 0,5 часа, рабочий раствор 2 л/кг и двукратное опрыскивание растений – 30 мл/га.
- Сорт отечественной селекции Моряна и современный гибрид иностранной селекции Кендрас F_1 с получением гарантированно стабильного урожая высококачественных плодов.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в журналах рекомендованных, ВАК РФ

1. Мохамед, М. М. А. / Изучение влияния регуляторов роста на овощных культурах/ М. Ю. Пучков, М. М. А. Мохамед // Естественные науки. – 2017. – № 1 (58). – С. 13–22.
2. Мохамед, М. М. А. Эффективность применения Хитозана в отношении роста некоторых растений, улучшение качества и срока годности продуктов / М. М. А. Мохамед, А. Ю. Ф. Аллам // Естественные науки. – 2017. – № 4 (61) – С. 91–96.
3. Мохамед, М. М. А. Сравнительные исследования физиолого-химических свойств некоторых сортов томатов в условиях аридной зоны / М. М. А. Мохамед, М. Ю. Пучков, Л. П. Ионова, М. А. Лысаков // Овощи России. – 2018. – № 2. – С. 84–87.

4. Мохамед, М. М. А. Morphological and biochemical changes affected by plant growth Regulators on tomato Plants (*Lycopersicon esculentum* L.) / М. М. А. Мохамед, М. Ю. Пучков // Проблемы развития АПК региона. – 2018. – № 1. – С.25–28.

Публикации в зарубежных изданиях

5. Mohamed, M. M. A. / Applying a digital method for measuring leaf area index of tomato plants / M. M. A. Mohamed, M. Yu. Puchkov, E. G. Loktjanova, A. A. Suliman // International Scientific and Practical Conference “Digital Agriculture-development strategy”-2019 -ISCP- 003.

Публикации в других изданиях

6. Mohamed, M. M. A. / Effect of plant growth regulators on nutrient compositions of tomato plant // М. М. А. Мохамед // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследования, инновации и технологии: X Междунар. науч.-практич. конф. молодых ученых (г. Астрахань, 25 апреля 2016 г.). – Астрахань : Астраханский университет, 2016. – С. 41-44.

7. Мохамед, М. М. А. / Перспективы использования регулятора роста на основе хитозана при выращивании томатов// М. М. А. Мохамед, М. Ю. Пучков // Актуальные проблемы глубокой переработки водных биоресурсов Волжско-Каспийского бассейна : круглый стол Междунар. науч. конф. науч.-пед. работников Астраханского государственного технического университета (60-я НПП) (г. Астрахань, 25 апреля 2016 г.). – Астрахань: Астраханский Гос. Техн. Ун-т, 2016.

8. Мохамед, М. М. А. / Сравнительные исследования физиолого-химического свойств некоторых сортов томатов в условиях аридной зоны / М. М. А. Мохамед, М. Ю. Пучков, М. А. Лысаков // Прикаспийский Международный молодежный научный форум агропромтехнологий и продовольственной безопасности: сб. науч. тр. (г. Астрахань, 24 и 25 апреля 2017 г.). – Астрахань : Астраханский университет, 2017. – С. 167–170.

9. Мохамед, М. М. А. / Effect of different varieties on biochemical parameters of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits (part 1) / М. М. А. Мохамед, М. Ю. Пучков, М. А. Lysakov // Прикаспийский международный научный форум агропромтехнологий и продовольственной безопасности: сб. науч. тр. (г. Астрахань, 19 и 20 апреля 2018 г.). – Астрахань : Астраханский университет, 2018. – С. 139–142.

10. Мохамед, М. М. А. / Effect of different varieties on biochemical parameters of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits (part 2) / М. М. А. Мохамед, М. Ю. Пучков, М. А. Lysakov // Прикаспийский международный научный форум агропромтехнологий и продовольственной безопасности: сб. науч. тр. (г. Астрахань, 19 и 20 апреля 2018 г.). – Астрахань : Астраханский университет, 2018. – С. 142–145.