

На правах рукописи

Консаго Веанди Франсуа

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ
В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИИ**

Специальность: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва - 2023

Работа выполнена на кафедре растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Гатаулина Галина Глебовна,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Головина Екатерина Владиславовна,**
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий группы физиологии и биохимии селекционно-семеноводческого центра сои ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»

Гуреева Елена Васильевна,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства Института семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»**

Защита диссертации состоится «10» июля 2023 г. в 11.00 час. на заседании диссертационного совета 35.2.030.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19, тел./факс: 8(499) 976-21-84.

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 «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета: <http://www.timacad.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.02
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.В. Константинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы обусловлена необходимостью расширения площадей и повышения урожайности сои в Российской Федерации. Раннеспелые сорта сои способны созревать в условиях Центрального Нечерноземья. Однако отмечается высокая вариабельность урожайности сои в данном регионе. В отдельные годы соя не вызревает из-за недостатка тепла в период налива и созревания семян. В годы со стрессовыми погодными условиями (дефицит влаги, засуха) урожайность резко снижается. Поэтому так важно установить степень вариабельности и стабильности компонентов продуктивности, формирующихся на различных этапах онтогенеза растений, а также показателей, характеризующих агроценоз сортов сои как сложную, динамическую, фотосинтезирующую систему, меняющую свои параметры в процессе роста и развития. Продуктивный и адаптивный потенциал различных сортов сои северного экотипа в данном регионе в связи с изменением климата и действием участившихся стрессовых погодных условий, а также возможности управления продукционным процессом сои в этих условиях при использовании стимуляторов роста мало изучены. Тема исследований актуальна в связи с проблемой производства растительного белка в мире и необходимости сокращения импорта сои в РФ.

Степень научной разработанности проблемы. Важный вклад в изучение биологии сои и особенностей ее сортового состава, а также в области применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений на различных сельскохозяйственных культурах оказали работы отечественных и зарубежных ученых: Енкена Б. В., Майсурия Н.А., Мякушко Ю. П., Посыпанова Г. С., Синеговской В.Т., Кобозевой Т.П., Лукомца В.М., Зотикова В. И, Головиной Е. В., Дорожкиной Л.А., Гуреевой М. П., Поповой Н. П., Шаповал О.А., Кузнецова И. И., Мажары В.М., Махонина В.Л., Мухиной М.Т., Board J.E. and Kahlon C. S., Elshemy, Hany, Dhanya, P. & Ramachandran, A., Battisti R., Sentelhas P.C., Parker P.S., Tripathi, P, Van Oosten, M. В то же время с учетом указанных ранее лимитирующих факторов на фоне изменения климата, усиливающих вариабельность и нестабильность урожайности, необходим комплексный подход для её дальнейшей разработки в конкретных условиях Центрального региона России.

Цель исследований – обосновать приемы управления продукционным процессом сортов сои на основе использования сортов с наиболее высоким адаптационным потенциалом и применения препаратов, снижающих отрицательное действие стрессовых условий на формирование урожая.

Задачи исследования

1. установить степень вариабельности компонентов продуктивности и урожайности у различных сортов сои северного экотипа и причины нестабильности урожайности сои в указанных условиях;

2. оценить действие благоприятных и стрессовых погодных условий на разных этапах вегетации на формирование компонентов продуктивности и урожайность сортов сои;

3. дать оценку динамическим показателям фотосинтетической деятельности растений в агроценозе при использовании регуляторов роста и органоминеральных удобрений;

4. обосновать экономическую эффективность использования в производстве сортов сои северного экотипа и применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений.

Научная новизна заключается в том, что *впервые* в условиях Центрального региона России проведены комплексные исследования сортов сои северного экотипа Магева, Светлая, Касатка, Малета, Георгия и Окская для выявления и оценки причин высокой variability урожайности на фоне современных вызовов – изменения климата и повторяющихся стрессовых погодных условий. Сорты зарегистрированы и допущены к производству в Центральном регионе. Высокая урожайность сортов сои отмечена в 2020 г., в среднем по сортам она составила 3,08 т/га. В засушливые годы (2019, 2022) она снизилась до 58 и 46 % соответственно от уровня 2020 г. Коэффициент вариации урожайности семян в среднем по годам высокий - 42 %, в 3 раза выше variability по сортам. По урожайности выделяются сорта Георгия и Окская, однако их вегетация длится на 10-13 дней больше, чем у раннеспелых сортов Светлая и Касатка.

Впервые в условиях Центрального региона на примере раннеспелого сорта Касатка изучен и обоснован способ управления формированием урожая при использовании регуляторов роста Циркон, Р; Эпин-Экстра, Р; и микроудобрение жидкое Силиплант марка Универсальный и органо-минеральное жидкое удобрение “ЭкоФус”. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений оказало существенное положительное влияние на урожайность сои. В благоприятном по погодным условиям 2020 г. урожайность в контроле без обработки составила 2,49 т/га. Превышение урожайности вариантов с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями по сравнению с контролем за вычетом величины НСР составило в случае применения препаратов Циркон 28,5 %; Силиплант 20,1 %, Эпин -Экстра 14,5 % и “ЭкоФус” 10,8 %. В 2019 и 2022 годах со стрессовыми погодными условиями урожайность в контроле и в вариантах с регуляторами роста и органоминеральными удобрениями составляла 50-55 % от уровня 2020 года. При обработке растений препаратами Силиплант, Эпин-Экстра, Циркон и “ЭкоФус” она превышала контроль на 20,6 %, 39,7 %, 43,5 % и 45,0 % соответственно.

Впервые в условиях Центрального региона дана оценка качества семян урожая 2019, 2020, 2022 гг. по содержанию (в %) и сбору белка и жира (в кг/га) всех вариантов в 2-х полевых опытах. В 2020 г. среднее содержание белка в семенах находилось на уровне 43 % - на 5-6 % больше, чем в 2019 и 2022 годах, а жира 16,4-16,7 % - на 2-3 % меньше. В среднем за 3 года в семенах содержалось 38,3-39,3 % белка и 19,0-19,9 % жира. С учётом урожайности максимальный сбор с 1 гектара белка (1618 кг) и жира (612 кг) получен в 2020-м году. Варианты с применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений существенно отличались по сбору белка и жира от контрольного

варианта: по белку на 50 % больше, по жиру на 42 %. В годы с экстремально стрессовыми погодными условиями сбор белка и жира по сравнению с уровнем 2020 г. снизился в 2019 году в 2,2 раза, в 2022 году по белку на 44 %, по жиру на 26 %.

Теоретическая и практическая значимость. По результатам проведенных исследований изучены особенности формирования урожая сортов сои северного экотипа, допущенных к производству в Центральном регионе. Установлена вариабельность компонентов структуры урожая и семенной продуктивности в зависимости от генотипа и погодных условий. Раскрыты причинно-следственные связи между предшествующим и последующим периодами в состоянии агроценоза как сложной динамической фотосинтезирующей системы, меняющей свои параметры во времени. Площадь листьев и величина фотосинтетического потенциала (ФП) за критический период цветения и образования плодов определяют величину среднесуточных приростов сухой биомассы (Crop Growth Rate) и число плодов на единице площади. Обоснован биологический подход к управлению формированием урожая сортов сои с применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений. Доказана перспективность и эффективность для повышения урожайности и качества продукции применения препаратов Циркон, Р; Эпин-Экстра, Р; микроудобрение жидкое Силиплант марка Универсальный и органо-минеральное жидкое удобрение “ЭкоФус” для обработки вегетирующих растений: Эпин-экстра 40 мл/га и Циркон 20 мл/га. Расход рабочей жидкости 200 л/га. Для препаратов Силиплант и “ЭкоФус” соответственно 1 и 3 л/га. Расход рабочей жидкости 300 л/га. Прибавка урожайности в среднем за 3 года для препаратов Циркон и Эпин-Экстра составила 0,8 т/га (50 %) по сравнению с контролем без обработки. Реальное превышение урожайности вариантов с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями по сравнению с контролем за вычетом величины НСР в 2020 году составило в случае применения препаратов Циркон 28,5 %; Эпин -Экстра 14,5 %, Силиплант 20,1 % и “ЭкоФус” 10,8 %.

Методология и методы исследований основаны на анализе современной проблемы, постановке цели и задач исследований, проведении полевых опытов и лабораторных исследований по современным методикам, статистической обработке экспериментальных данных и анализе полученных результатов.

Апробация работы. Результаты исследований доложены на Международной научной конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 125-летию со дня рождения В.С. Немчинова (Москва, 2019 г.); Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона, (Москва, 2020 г.); Всероссийской научной конференции с международным участием «растениеводство и луговодство» РГАУ-МСХА имени (Москва, 2020 г.); Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённая 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова (Москва, 2021 г.); Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой

135 летию со дня рождения А. Н. Костякова, (Москва, 2022 г.); Всероссийской конференции молодых исследователей «Аграрная наука - 2022» (Москва, 2022 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 работ, отражающих её основное содержание, в том числе 3 в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 143 страницах. Состоит из введения, основной части, содержащей 25 таблиц, 10 рисунков, заключения, списка литературы (включает 281 источников, в том числе 83 источников из иностранной литературы) и 11 приложений.

Степень достоверности исследований свидетельствуется проведением полевых опытов в течение 3 лет по стандартным методикам; достоверность полученных экспериментальных данных обеспечивается результатами статистической обработки, полученных методами дисперсионного анализа.

Личный вклад соискателя заключается в постановке цели и задач исследований, проведении полевых опытов и лабораторных исследований, обработке и интерпретации результатов исследований, разработке рекомендаций производству, подготовке основных публикаций по выполненной работе и апробации результатов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- научно-практические основы эффективности биологических подходов к управлению формированием урожая агроценоза;

- параметры формирования урожая и его структурных компонентов сортов сои северного экотипа;

- формирование фотосинтетического аппарата, морфо-биологических показателей растений сои при использовании регуляторов роста и органоминеральных удобрений;

- высокая эффективность применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений при формировании элементов структуры урожая, урожайности и качества семян сои сорта Касатка.

Благодарность. Автор выражает свою глубокую признательность и благодарность коллективу кафедры растениеводства и луговых экосистем, профессорам Шитиковой А.В., Лазареву Н.Н., доцентам Заренковой Н.В., Константинович А.В. за полученные в ходе выполнения работы ценные советы. Особую признательность выражает научному руководителю, профессору доктору с.-х. наук, Гатаулиной Г.Г., за непосредственное участие в обсуждении научных результатов исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, представлены состояние проблемы и научная новизна. Изложены цель и задачи, теоретическая и практическая значимость результатов исследования, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Особенности развития растений, производство и хозяйственное значение сои» подробно рассмотрены биологические особенности сои, районированные сорта, подчеркивается важность данной культуры для решения проблемы продовольственной безопасности. Детально проанализировано использование регуляторов роста и органоминеральных удобрений в растениеводстве и их роль в повышении урожайности и качества зерна сои.

Во второй главе «Схема опытов, условия и методика проведения исследований» описаны программа и методы исследований, характеристика условий проведения полевых экспериментов. Исследования проводились в течение трех лет 2019 г., 2020 г. и 2022 г., на Полевой опытной станции РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева на дерново-подзолистой почве, в 4-х кратной повторности при размещении вариантов методом рендомизированных повторений. Почвы опытного участка по гранулометрическому составу дерново-подзолистые, легкосуглинистые. Содержание в пахотном горизонте гумуса в среднем 1,9 %, P_2O_5 - 286-288 мг и K_2O – 79,5 - 101 мг на кг почвы, pH_{kcl} 5,5-5,8.

Опыт 1. Формирование урожая раннеспелых сортов сои северного экотипа. Объект исследований – раннеспелые сорта Магева, Касатка, Светлая, Малета, Георгия и Окская, допущенные к производству в Центральном регионе. Растения характеризуются по особенностям роста, окраске цветков, габитусу и архитектонике растений (таблица 1).

Опыт 2. Оптимизация продукционного процесса сои при использовании регуляторов роста и органоминеральных удобрений. Объект исследований – раннеспелый сорт Касатка.

Для сравнительной характеристики, в опыте применяли следующие препараты:

- регуляторы роста: Эпин-Экстра, Р - 40 мл/га, Циркон, Р - 20 мл/га, расход рабочей жидкости - 200 л/га,

- микроудобрение жидкое Силиплант марка Универсальный 1 л/га и органо-минеральное жидкое удобрение “ЭкоФус” 3 л/га, расход рабочей жидкости - 300 л/га.

Обработка растений проводилась в соответствии с регламентом: 1– в фазе 3-х листьев, 2 – в фазе бутонизации для Циркона. В вариантах с применением “ЭкоФус” - в фазе всходов, 2-5 листьев и в фазе бутонизации. Обработку растений с применением Эпин-Экстра и Силипланта проводили в фазу бутонизации.

Норма высева 500 тыс./га всхожих семян (50 семян/м²).

Технология возделывания культуры общепринятая для данной зоны. Предшественник сои в 2019 и 2020 гг. – кормовые корнеплоды, в 2022 г. – картофель. Осенью после уборки предшественника (John Deere6920+ Lemken

EurOpal) осуществлялась зяблевая вспашка на глубину 20 см. Весной проводилось боронование и предпосевное фрезерование. Посев сои производился сеялкой точного высева (John Deere6920+ Amazone ED 02), норма высева 500 тыс./га всхожих семян (50 семян/м²). Обработка регуляторами роста и органоминеральными удобрениями проводилась с использованием ручного пневматического опрыскивателя (Лазурит, 5л). В 2020 г. в конце августа наблюдалась влажная погода и близкая к среднегодовым значениям температура, что приводило к затягиванию созревания растений сои. Перед уборкой применяли десикацию с препаратом Суховой, 1,5 л/га (John Deere 6920+Amazone UF 901). Уборка осуществлялась комбайном «Ростов Сампо 2010». Анализ качества семян проводили с помощью Infratec™1241 Grain analyzer.

Таблица 1 - Характеристики сортов

Сорт	Характеристики	
	Хозяйственные	Производственные (по данным авторов сорта и государственного сортоиспытания)
Магева	Содержание сырого белка в семенах – 39-42 %, жира – 17-19 %	Растение детерминантного типа роста. Устойчив к засухе и кратковременному понижению температур воздуха до -2-5 °С. Масса 1000 семян – 141-153 г.
Светлая	Содержание белка 41,7 %, жира - 19,2 %.	Растение детерминантного типа роста. Форма полусжатая. Окраска опушения серая. Лист светло-зеленый, боковые листочки ромбовидные. Цветок белый. Боб коричневый. Семена шаровидно-приплюснутые, желтые, рубчик коричневый. Масса 1000 семян 128 г.
Касатка	Содержание белка в семенах 27,1-41,4 %, жира 19,1-23,2 %.	Растение детерминантное, промежуточной формы, с рыжеватого-коричневым опушением. Боковые листочки овальной формы, светло-зеленые, маленького размера. Цветок фиолетовый. Устойчив к полеганию и осыпанию. Масса 1000 семян 120,8-130,5 г. В отдельные годы созревал на 6-16 дней раньше стандарта.
Георгия	Содержание белка в семенах- 33- 35,8 %, жира- 21,4-21,8 %.	Растение индетерминантного типа развития, средней высоты, полупрямостоячее. Масса 1000 семян -131-161,8 г. Максимальная урожайность семян- 30- 39,1 ц/га. Высота растения завесила место возделывания в годы испытания и составила -52,2-83,9 см.
Малета	Содержание сырого белка – 40-41 % , жира – 18-19 % .	Растение детерминантного типа роста. Форма растения кустовая, промежуточная. Масса 1000 семян 150-178 г
Окская	Содержание сырого белка – 36- 40 % , жира – 19-20 % .	Растение индетерминантного типа развития, масса 1000 семян средняя. Форма растения кустовая, промежуточная.

Закладка полевых опытов, учеты, наблюдения и обработка полученных данных методом дисперсионного анализа проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта (по Доспехову, 1985) и в соответствии с технологиями возделывания сои по Посыпанову Г. С. Определение содержания в пахотном горизонте Р₂О₅ и К₂О – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011); рН_{КС1}

(ГОСТ 26483–85); содержание гумуса - по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91). Фенологические наблюдения и густоту стояния растений проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Площадь листьев (Индекс листовой поверхности (ИЛП)) определяли на фотопланиметре Li-3100. Сухое вещество - по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сушкой до постоянной массы при температуре 105 °С, весовым методом по ГОСТу 31640-2012. Фотосинтетический потенциал (ФП) (тыс.м² дней /га) за отдельные периоды и в целом за вегетацию определяли графическим методом по Ничипоровичу. Чистую продуктивность фотосинтеза (г/м² сутки) рассчитывали по формуле Кидда, Веста и Бриггса.

Экономическая эффективность возделывания сои по результатам полевых опытов рассчитана с учетом общепринятых рекомендаций. Математическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась методом дисперсионного и регрессионного анализа в растениеводстве и луговодстве в соответствии с требованиями методики полевого опыта (Доспехов Б.А., 1985; Лазарев Н.Н. и др, 2011) с применением лицензионных математических программных пакетов для ПЭВМ: «Microsoft Excel».

Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно отличались от средне-климатической нормы. Гидротермический коэффициент (ГТК) – показатель увлажнённости территории (по Г.Т. Селянинову) в годы исследований подтверждает эти различия: 0,76 (засушливое) в 2019 году; 3,45 (сильное переувлажнение) в 2020 году и 0,97 (засушливое) в 2022 году (рисунки 1 и 2).

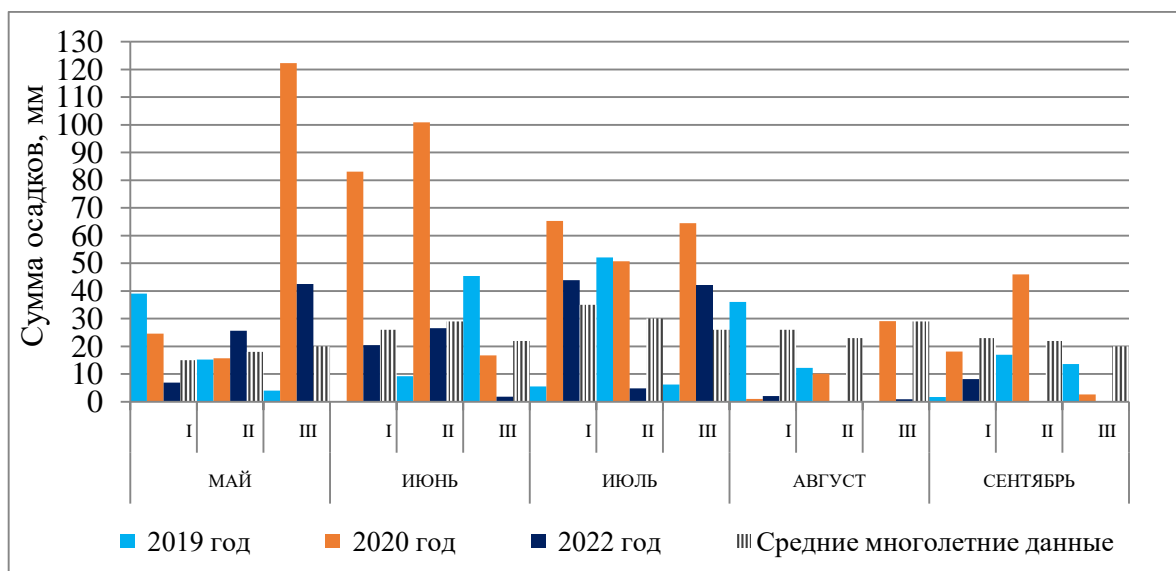


Рисунок 1 - Сумма осадков вегетационного периода сои в годы исследований в (2019-2022 гг.), мм

Погодные условия в годы исследований отклонялись от средне-климатической нормы по-разному. Так, 2019 г. являлся засушливым, зафиксированы периоды с недостатком влаги и превышением среднесуточной температуры. Напротив, 2020 г. оказался дождливым (очень влажным), а температурный режим в основном близок к норме. 2022 г был засушливым и

жарким, зарегистрированы большие периоды с дефицитом влаги и превышением среднесуточной температуры, в августе отмечена абсолютная засуха, когда осадки практически не выпадали.

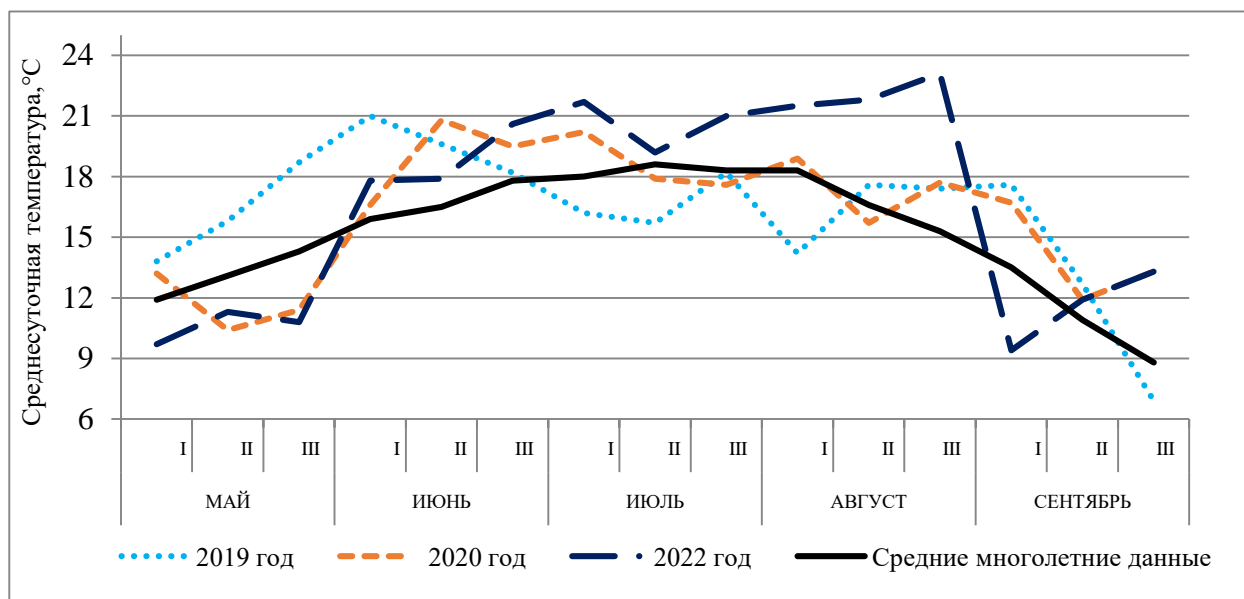


Рисунок 2 - Среднесуточная температура вегетационного периода сои в годы исследований в (2019-2022 гг.), °С

В третьей главе «Формирование урожая раннеспелых сортов сои» показано изменение элементов продуктивности сортов в зависимости от изменчивости погодных условий в разные годы. Густота перед уборкой в среднем за 3 года составила 43-45 растений на м². Продолжительность вегетации у сортов Касатка и Светлая в среднем за 3 года составила: от посева до созревания – 102 дня, от всходов до созревания – 90 дней. По устойчивости прохождения всех этапов продукционного процесса и по стабильности созревания в условиях Центрального региона сорта Касатка и Светлая превосходят сорта Магева Малета, Георгия, и Окская.

Данные полевого опыта доказывали значительное влияние погодных условий на показатели роста у сои (таблица 2).

Таблица 2 - Высота растений сортов сои, см

Сорта	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Средняя по годам	НСР ₀₅	V%
Магева	30,6	70,1	56,4	52,3	11,5	38,3
Светлая	28,4	66,4	40,2	45,0	4,42	43,1
Касатка	27,8	54,8	40,2	40,9	4,04	34,0
Малета	32,4	74,9	43,4	50,2	5,45	44,0
Георгия	38,0	90,6	47,8	58,8	10,5	47,6
Окская	46,5	77,9	51,5	58,6	6,95	28,8
Средняя по сортам	33,9	72,5	46,6	51,0	3,36	31,5
НСР ₀₅	3,20	9,73	3,92	-		
V%	21,1	16,5	14,0	14,2		

Сорта Окская и Георгия существенно отличались по высоте растений от сортов Касатка, Светлая. Эти сорта лучше адаптировались к засушливым

условиям. Наиболее низкая высота растений у всех сортов оказалась в 2019 г. Максимальная высота растений отмечена во влажном 2020 г.

Результаты исследований позволили установить влияние сортовых различий и действия погодных условий на формирование компонентов продуктивности и их вариабельность (таблица 3).

Таблица 3 - Элементы структуры урожая сортов сои

Сорта	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Средняя по годам	V%
Число бобов, шт/ м ²					
Магева	517	1168	687	791	42,7
Светлая	557	733	678	656	13,7
Касатка	510	936	533	660	36,3
Малета	625	1001	498	708	36,9
Георгия	743	1255	573	857	42,4
Окская	970	1061	639	890	25,0
Средняя по сортам	654	1026	604	761	30,3
НСР ₀₅	142	155	117	-	
V%	27,2	17,9	13,4	13,3	
Число семян, шт/ м ²					
Магева	966	2686	1520	1724	51,0
Светлая	1195	1546	1474	1405	13,2
Касатка	1061	2228	1195	1495	42,7
Малета	1139	2082	965	1395	43,1
Георгия	1512	2779	1296	1862	43,0
Окская	2009	2374	1505	1963	22,2
Средняя по сортам	1314	2282	1326	1641	33,9
НСР ₀₅	340	311	299	-	
V%	29,5	19,6	16,5	14,9	
Масса 1000 семян, г					
Магева	126	120	110	119	6,81
Светлая	139	169	107	138	22,4
Касатка	103	130	119	117	11,6
Малета	172	173	131	159	15,1
Георгия	128	134	99	120	15,6
Окская	137	136	100	124	17,0
Средняя по сортам	134	144	111	130	13,1
НСР ₀₅	18,5	27,6	10,2	-	
V%	16,8	15,3	11,0	12,6	

*В V% - коэффициент вариации.

В среднем за 3 года сорта Окская и Георгия по числу бобов и семян на м² существенно превосходили другие сорта. Вариабельность компонентов структуры урожая в большей степени зависела от изменчивости погодных условий, чем от сортовых различий. Коэффициент вариации в среднем по сортам в 2 раза ниже, чем в среднем по годам. Наименьший коэффициент вариации у сортов Светлая и Окская. Установлено, что масса 1000 семян существенно повышается при благоприятных погодных условиях в период налива семян, что может частично исправить негативное действие погоды в предшествующие этапы онтогенеза.

Результаты исследований показали, что погодные условия сильно влияли на урожайность сортов сои (таблица 4).

Таблица 4 - Урожайность семян, т/га

Сорта	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Средняя по годам	НСР ₀₅	V%
Магева	1,25	3,23	1,65	2,04	0,20	51,2
Светлая	1,68	2,59	1,44	1,90	0,57	31,9
Касатка	1,15	2,95	1,42	1,84	0,28	52,8
Малета	1,96	3,62	1,26	2,28	0,40	53,2
Георгия	1,93	3,71	1,29	2,31	0,29	54,3
Окская	2,69	3,22	1,52	2,48	0,58	35,1
Средняя по сортам	1,78	3,22	1,43	2,14	0,17	44,4
НСР ₀₅	0,39	0,49	0,24	-		
V%	31,5	13,0	10,3	11,8		

Урожайность сортов варьировала в пределах: в 2020 г. 2,59 - 3,71 т/га; в 2019 г. 1,15 - 2,69 т/га; в 2022 г. 1,26 - 1,65 т/га. Коэффициент вариации (V %) урожайности по годам в среднем для сортов – 44,4 %, что в 3,8 раза выше вариабельности в зависимости от генотипа сорта 11,8 %. Наиболее высокая урожайность получена у сорта Окская – 3,22 т/га в благоприятном по погодным условиям 2020 году и 2,48 т/га в среднем за 3 года.

Установлено влияние погодных условий на качество продукции (таблица 5).

Таблица 5 - Содержание белка и жира в семенах сортов сои, %

Сорта	2019 г.		2020 г.		2022 г.		Среднее	
	Белок	Жир	Белок	Жир	Белок	Жир	Белок	Жир
Магева	39,4	16,5	44,7	16,3	42,5	19,6	42,2	17,5
Светлая	38,5	20,1	41,0	20,0	40,1	20,4	39,9	19,7
Касатка	37,3	17,4	43,1	16,9	35,8	22,7	38,7	19,0
Малета	37,8	18,4	40,0	16,5	34,0	22,6	37,3	19,2
Георгия	33,8	19,6	43,6	16,5	39,3	21,2	38,9	19,1
Окская	38,7	18,4	42,0	16,6	40,5	20,6	40,4	18,5
НСР ₀₅	0,87	0,63	0,83	0,60	0,81	0,63	-	-

Наибольшее содержание белка в семенах сои отмечено в 2020 г. и составило 40 % - 44,7 % в зависимости от сорта, содержание жира - в пределах 16,3 % - 20,0 %. В засушливые годы (2019, 2022) зарегистрировано наиболее высокое содержание жира и меньшее содержание белка.

В четвертой главе «Оптимизация продукционного процесса сои при использовании регуляторов роста и органоминеральных удобрений» показана динамика изменения высоты растений, компонентов формирования урожая и фотосинтеза посевов при использовании регуляторов роста и органоминеральных удобрений.

Раскрыты причинно-следственные связи, которые в значительной степени определяют изменчивость показателей продукционного процесса и вероятность реализации генетического потенциала сорта сои Касатка при применении регуляторов роста и органоминеральных удобрений.

Перед уборкой варианты с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями существенно отличались от контроля по густоте и выживаемости растений на 9-12 %. В исследовании измерялась высота растений перед уборкой (таблица 6).

Таблица 6 - Высота растений, см

Варианты	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Контроль	26,8	54,0	41,9	40,9
Эпин-Экстра	35,8	59,9	43,4	46,4
Циркон	33,7	63,2	45,3	47,4
Силиплант	31,0	58,3	45,7	45
ЭкоФус	34,5	61,2	45,6	47,1
НСР ₀₅	2,32	1,4	2,30	-

В опытах различия по высоте растений между вариантами с обработкой регуляторами роста Эпином-Экстра и Цирконом незначительны в 2019 г. и 2022 г. Однако данные варианты существенно на принятом уровне значимости отличались от контроля. В 2020 году вариант с применением Циркона существенно отличался от варианта с обработкой Эпином-Экстра.

Наиболее высокорослые растения сформировались в вариантах с обработкой ЭкоФусом в 2019 г., 2020 г. различия между вариантами с обработкой Силиплантом и ЭкоФусом не отмечены, при этом высота растений в этих вариантах существенно отличалась от контроля (таблица 6).

Максимальная величина сырой биомассы за вегетацию отмечалась в фазу выполненных бобов. Если сравнивать этот показатель по сухой массе в разные годы, то эта величина, как наиболее высокая, зафиксирована в 2020 году (рисунок 3).

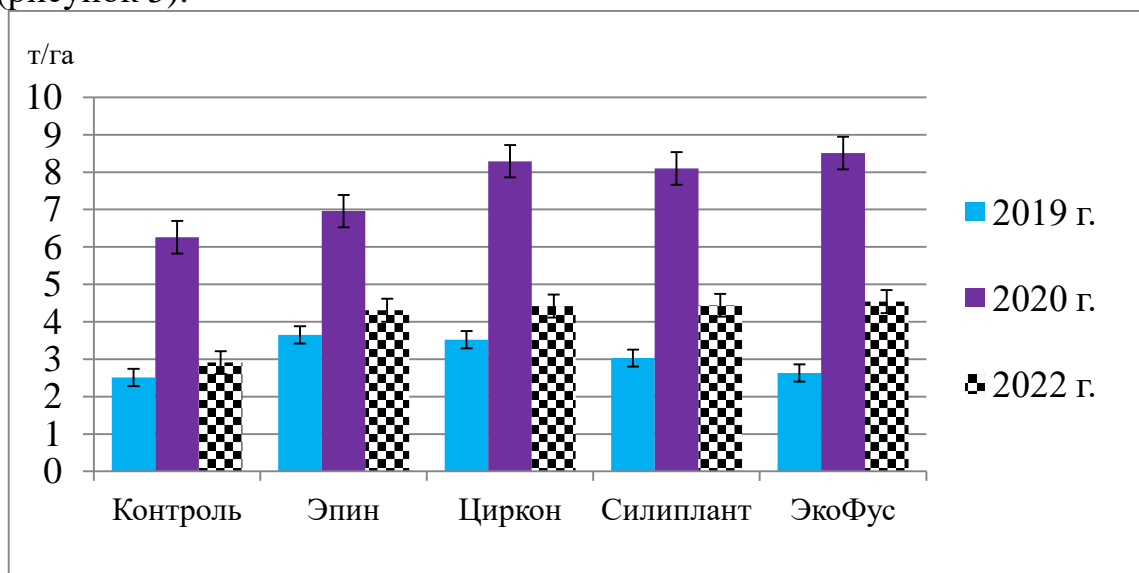


Рисунок 3 - Накопление сухой массы в фазе выполненных бобов, т/га
 Превышение по отношению к контролю составило в среднем 30 % в вариантах Циркон, Силиплант и ЭкоФус.

Скорость роста сухой биомассы определяется показателем Crop Growth Rate [Board J.E. and Kahlon C. S., 2011; Egli, D.B. and Yu, Z.W., 1991; Fageria, N.K., Baligar, V.C., Clark, R.B., 2006; Kothari, K., Battisti, R., Boote, K. J. et.al,

2022]. Этот показатель отражает среднесуточные приросты сухой биомассы на единице площади (m^2 , га) в динамике (таблица 7).

В среднем за указанный период от всходов до фазы «выполненные бобы» продолжительностью 70 дней среднесуточный прирост сухой биомассы у сои во влажном 2020 году в 2- 2,5 раза больше, чем в 2019 и 2022 годах. Регуляторы роста и органоминеральные удобрения оказывали положительное влияние на среднесуточный прирост сухой биомассы в годы исследования, особенно в периоды цветения, образования и роста плодов, когда наблюдались самые большие среднесуточные приросты сухой биомассы.

Таблица 7 - Среднесуточный прирост сухой биомассы, кг/га

Даты	Контроль	Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	ЭкоФус	НСР ₀₅
2019 г.						
Всходы-26.06 (40 дней)	17,1	23,1	21,7	19,2	21,2	4,53
26.06-11.07(15 дней)	46,3	47,7	62,7	23,5	50,9	13,5
11.07-26.07(15 дней)	70,9	129	114	153	68,1	29,3
Всходы-26.07 (70 дней)	34,9	51,1	50,2	48,7	37,6	6,21
2020 г.						
Всходы-28.07 (47 дней)	48,9	65,4	79,1	64,7	55,3	19,6
28.07-11.08 (14 дней)	112	80,0	79,0	145	94,0	$F_{\Phi} < F_{05}$
11.08-21.08 (10 дней)	239	276	346	303	459	173
Всходы-21.08 (71 дней)	88	98	117	114	120	19,1
2022 г.						
Всходы- 14-07(38 дней)	14,6	20,5	21,6	20,0	22,1	3,37
14.07-28.07(14 дней)	46,4	57,5	61,7	58,2	60,3	12,1
28.07- 11-08(14 дней)	123	138	156	186	167	41,3
Всходы-11.08 (66 дней)	44,4	53,2	58,7	63,3	61,0	9,28

Так, среднесуточный прирост сухой биомассы в 2020 году в варианте с препаратом Циркон в среднем за 70 дней вегетации на 33 % больше, чем в контроле, а за наиболее продуктивный период 11.08-21.08 (346 кг/га) – на 45 %. Результаты исследований 2022 г. показывают, что обработка растений сои органоминеральными удобрениями наиболее эффективна, если проведена до наступления периода со стрессовыми погодными условиями.

Посев как фотосинтезирующая система наиболее эффективно функционировал в периоды цветения, образования и роста плодов. В годы исследования этот период составил больше половины от общего за вегетацию. Препараты отличались по влиянию на динамику нарастания площади листьев, величину фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза (таблица 8).

Таблица 8 - Фотосинтетический потенциал (ФП), тыс. m^2 дней/га и чистая продуктивность фотосинтеза

(ЧПФ), г/м² в сутки

Варианты	2019 г.		2020 г.		2022 г.		Среднее	
	ФП	ЧПФ	ФП	ЧПФ	ФП	ЧПФ	ФП	ЧПФ
Контроль	402	6,17	1425	4,07	440	3,92	756	4,71
Эпин	526	6,52	1747	4,41	567	4,39	947	5,10
Циркон	537	6,78	1910	4,28	604	5,04	1017	5,35
Силиплант	430	6,21	1698	4,99	585	5,92	904	5,70
ЭкоФус	488	5,38	1700	4,32	598	5,33	929	5,0
НСР ₀₅	65,6	0,78	185	0,43	56,4	1,04	-	-

Наиболее высокий фотосинтетический потенциал (ФП) был сформирован в 2020 году. В контроле величина ФП в 2020 г. превышала уровень 2019 и 2022 гг. в 3,2-3,5 раза. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений оказало положительное влияние на величину ФП. В среднем за 3 года превышение ФП по отношению к контролю в вариантах Циркон составило 35 %, Силиплант и ЭкоФус – 20-22 %. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений не только повышало величину ФП, но и ЧПФ также увеличивалась в среднем за 3 года на 11-12 %. Следует отметить, что чистая продуктивность фотосинтеза имела более высокую величину в засушливые годы (2019 г. и 2022 г.). Это доказывает, что в случае экстремальных погодных условий агроценоз, как саморегулирующаяся фотосинтезирующая система, усиливает процессы жизнедеятельности растений, направленные на выживание, которые в конечном итоге находят выражение в повышении чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ).

Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений позволило усилить рост и фотосинтез растений, что приводит к повышению накопления ассимилятов и их перераспределению в генеративные органы. Это, в свою очередь, позитивно влияет на образование элементов структуры урожая (таблица 9).

В исследованиях показатели элементов структуры урожая менялись под влиянием погодных условий и изучаемых регуляторов роста и органоминеральных удобрений. При благоприятных погодных условиях (2020 год) превышение по сравнению с контролем было наибольшим. По числу бобов и семян на 1 м² (соответственно) оно составило в вариантах с использованием препаратов Эпин-Экстра 27 и 37 %, Циркон - 41 и 44 %, Силиплант - 31 и 41 %, ЭкоФус - 38 и 36 % по сравнению с контролем.

Таблица 9 - Элементы структуры урожая

Варианты	Число бобов, шт/ м ²	Число семян, шт/ м ²	Число продуктивных боковых ветвей, шт/ м ²	Число продуктивных узлов, шт/ м ²
2019 год				
Контроль	504	1059	36,1	322
Эпин-Экстра	659	1408	50,2	395
Циркон	613	1346	41,3	364
Силиплант	599	1211	44,6	361
ЭкоФус	560	1234	39,6	348
НСР ₀₅	89	201	6,17	21,3
2020 год				
Контроль	854	1920	36,3	472
Эпин-Экстра	1084	2633	37,9	537
Циркон	1200	2770	60,5	565
Силиплант	1115	2715	49,5	527
ЭкоФус	1182	2611	44,6	573
НСР ₀₅	218	538	7,86	87,0
2022 год				
Контроль	503	1137	36,1	305
Эпин-Экстра	693	1624	81,1	418
Циркон	753	1712	59,6	431
Силиплант	685	1478	72,2	409
ЭкоФус	776	1754	75,7	444
НСР ₀₅	95,5	173	17,4	40,7

В исследованиях отмечена разная величина массы 1000 семян в зависимости от года и применяемых препаратов (рисунок 4).

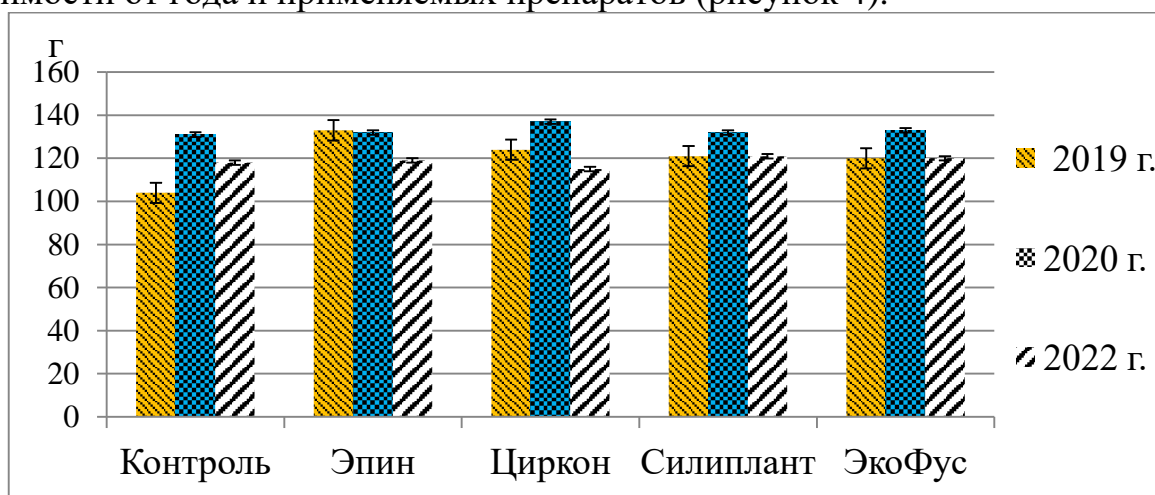


Рисунок 4 - Масса 1000 семян, г

Варианты с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями не отличались существенно по массе 1000 семян, однако данные варианты существенно на принятом уровне значимости отличались от контроля в 2019 году.

Установлено, что обработка вегетирующих растений сои опрыскиванием регуляторами роста и органоминеральными удобрениями является корректирующим приемом для повышения урожайности (таблица 10)

Таблица 10 - Урожайность сои, т/га

Варианты	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Среднее за 3 года	Прибавка к контролю (т/га)
Контроль	1,10	2,49	1,31	1,63	-
Эпин-Экстра	1,86	3,44	1,93	2,41	+0,78
Циркон	1,66	3,79	1,98	2,48	+0,85
Силиплант	1,46	3,58	1,78	2,27	+0,64
ЭкоФус	1,48	3,35	2,10	2,31	+0,68
НСР ₀₅	0,34	0,59	0,31	-	-

Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений оказало существенное положительное влияние на урожайность сои. Реальное превышение урожайности вариантов с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями по сравнению с контролем за вычетом величины НСР в 2020 году составило в случае применения препаратов Циркон 28,5 %; Эпин -Экстра 14,5 %, Силиплант 20,1 % и ЭкоФус 10,8 %. Максимальная урожайность сои получена на варианте с применением регулятора роста Циркон.

Результаты проведённых исследований при обработке вегетирующих растений сои регуляторами роста и органоминеральными жидкими удобрениями включают показатели содержания белка и жира (таблица 11).

Таблица 11 - Содержание в семенах белка и жира, %

Варианты	2019 г.		2020 г.		2022 г.		Среднее	
	Белок	Жир	Белок	Жир	Белок	Жир	Белок	Жир
Контроль	36,8	18,4	42,6	16,4	35,4	22,1	38,3	19,0
Эпин-Экстра	37,3	18,7	43,1	16,1	35,6	23,0	38,7	19,3
Циркон	38,1	19,1	43,8	16,7	35,8	22,5	39,2	19,4
Силиплант	36,8	19,3	43,8	17,5	35,6	23,0	38,7	19,9
ЭкоФус	38,4	18,6	43,7	16,8	35,7	22,8	39,3	19,4
НСР ₀₅	0,68	0,52	0,71	0,61	0,28	0,63	-	-

Погодные условия года исследования, а также регуляторы роста и органоминеральные удобрения оказывали влияние на содержание белка и жира в семенах. В 2020 г. среднее содержание белка в семенах находилось на уровне 43 % - на 5-6 % больше, чем в 2019 и 2022 годах, а жира 16,4-16,7 % - на 2-3 % меньше. В среднем за 3 года в семенах содержалось 38,3-39,3 % белка и 19,0-19,9 % жира.

Таким образом, обоснован способ управления формированием урожая при использовании стимуляторов роста (Циркон, Эпин-Экстра) и органоминеральных удобрений (Силиплант, ЭкоФус). Превышение урожайности вариантов с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями по сравнению с контролем за вычетом величины НСР в 2020 году составило в случае применения препаратов Циркон 28,5 %; Эпин -Экстра 14,5 % Силиплант 20,1 %; и ЭкоФус 10,8%. Максимальная урожайность сои получена на варианте с применением регулятора роста Циркон.

В шестой главе «Экономическая эффективность производства раннеспелых сортов сои и оптимизация продукционного процесса при использовании регуляторов роста и органоминеральных удобрений в условиях Центрального региона РФ» дано обоснование экономической эффективности производства сортов сои северного экотипа, применения регуляторов роста и

органоминеральных удобрений. Проведенный анализ экономической эффективности позволяет выделить сорт Окская (рентабельность 114 %). Применение обработки посевов сои регуляторами роста и органоминеральными удобрениями повышает рентабельность производства. Максимальная прибыль получена в варианте Циркон, рентабельность составила 111 %.

Заключение

1. Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований отклонялись от средне-климатической нормы. Сумма активных температур и сумма осадков за вегетацию составили в 2019 г. 2100 °С и 160 мм, гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,76; в 2020 г. – 1725 °С и 594 мм, ГТК – 3,45; в 2022 г. – 1955 °С и 190 мм, ГТК – 0,97. Экстремальная засуха и перегрев растений (Heat stress) отмечены в августе 2022 г.

2. Изучаемые сорта северного экотипа Магева, Светлая, Касатка, Малета, Георгия и Окская различались по продолжительности вегетации. У сортов Касатка и Светлая в среднем за 3 года период от посева до созревания составил 102 дня, от всходов до созревания 90 дней. Эти сорта созревали на 8-13 дней раньше других сортов и имели перед ними преимущество в стабильности прохождения всех этапов жизненного цикла в условиях Центрального региона.

3. Установлено сильное влияние погодных условий на рост, формирование элементов продуктивности и урожайность сортов сои. Урожайность сортов варьировала в пределах: в 2020 г. 2,69 - 3,71 т/га; в 2019 г. 1,15 - 2,69 т/га; в 2022г. 1,26 - 1,65 т/га. Коэффициент вариации (V %) урожайности по годам в среднем для сортов – 44,4 %, что в 3,8 раза выше вариабельности в зависимости от генотипа сорта (11,8 %). Наиболее высокая урожайность получена у сорта Окская – 3,22 т/га в благоприятном по погодным условиям 2020 году и 2,48 т/га в среднем за 3 года.

4. Дана оценка содержания белка и жира в % в семенах сортов сои. Содержание белка в % в урожае сортов сои в среднем за 3 года варьировало от 37,3 % у сорта Малета до 42,2 % у сорта Магева, содержание жира от 17,5 % у сорта Магева до 19,7 % у сорта Светлая. Наиболее высокий сбор белка (1003 кг/га) и жира (448 кг/га) получен у поздних сортов Георгия и Окская.

5. Обоснован способ управления формированием урожая при использовании регуляторов роста (Циркон, Эпин-Экстра) и органоминеральных удобрений (Силиплант, ЭкоФус). Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений оказало существенное положительное влияние на урожайность сои. В 2020 г. превышение урожайности вариантов с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями по сравнению с контролем (2,49 т/га) за вычетом величины НСР составило в случае применения препаратов Циркон 28,5 %; Эпин - Экстра 14,5 %, Силиплант 20,1 % и ЭкоФус 10,8 %. В 2019 и 2022 годах со стрессовыми погодными условиями урожайность в контроле и в вариантах с регуляторами роста и органоминеральными удобрениями составляла 50-55 % от уровня 2020 года. В 2022 г. при обработке растений препаратами превышение

урожайности по сравнению с контролем составило: Циркон 44 %; Эпин-Экстра 40 %, Силиплант 21 %; ЭкоФус 45 %.

6. В исследованиях компоненты структуры урожая изменялись под влиянием погодных условий, изучаемых регуляторов роста и органоминеральных удобрений. При благоприятных погодных условиях (2020 год) превышение по сравнению с контролем было наибольшим. По числу бобов и семян на 1 м² (соответственно) оно составило в вариантах с использованием препаратов: Циркон – 41 % и 44 %, Эпин-Экстра 27 % и 37 %, Силиплант - 31 % и 41 %, ЭкоФус - 38 % и 36 % .

7. Применение регуляторов роста и органоминеральных жидких удобрений оказало существенное положительное влияние на фотосинтетическую деятельность растений. В среднем за 3 года максимальная за вегетацию площадь листьев растений в вариантах с регуляторами роста и органоминеральными удобрениями на 27 % превышала контроль. Фотосинтетический потенциал (ФП) в варианте «Циркон» в 2020 г. составил 1,91 млн. м² дней / га – на 33 % больше, чем в контроле. При действии стрессовых погодных условий (2019, 2022 гг.) ФП был ниже уровня 2020 г. в 3 раза. Однако превышение по отношению к контролю сохранялось, составив 36 %. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) также повышалась в вариантах с регуляторами роста и органоминеральными удобрениями в среднем на 10-12 % по сравнению с контролем.

8. Проведенный анализ экономической эффективности позволяет выделить сорт Окская (рентабельность 114 %). Применение обработки посевов сои регуляторами роста и органоминеральными удобрениями повышает рентабельность производства. Максимальная прибыль получена в вариантах Циркон и Эпин-Экстра, рентабельность составила 111 и 103 %.

Предложения производству

1. В условиях Центрального региона России на средне окультуренных дерново-подзолистых почвах рекомендуется возделывать раннеспелые сорта сои Светлая и Касатка и среднеспелый сорт Окская. В среднем за 3 года эти сорта обеспечивали получение соответственно 1,90; 1,84 и 2,48 т зерна с 1 га.

2. Для повышения урожайности и качества зерна сои сорта Касатка проводить двукратное опрыскивание посевов регулятором роста Циркон в фазы 3-х листьев и бутонизации в норме 20 мл/га.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Гатаулина, Г. Г. Урожайность и элементы структуры урожая сортов сои северного экотипа при формировании в разных погодных условиях/ Г.Г. Гатаулина, Н.В. Заренкова, **В. Ф. Консаго** // Кормопроизводство. – 2020. – №8. – С. 33-37.
2. Гатаулина, Г. Г. Влияние препаратов "Циркон" и "Эпин-Экстра" на продукционный процесс сои в Центральном Нечерноземье в годы с разными

погодными условиями/ Г.Г. Гатаулина, **В.Ф. Консаго**, С.С. Пилипенко // Кормопроизводство. – 2021. – №2. – С. 21-26.

3. Гатаулина, Г. Г. Влияние препаратов "Силиплант" и "Экофус" на продукционный процесс сои в условиях Московской области/ Г.Г. Гатаулина, **В.Ф. Консаго** // Кормопроизводство. – 2022. – №5. – С. 20-26.

Публикации в журналах, сборниках научных трудов, материалах конференций:

4. **Консаго, В. Ф.** Влияние стимуляторов роста на биометрические показатели и продуктивность сои / В. Ф. Консаго // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона : сборник статей, Москва, 09–11 июня 2020 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 20-22.

5. Гатаулина, Г.Г. Влияние биологически активных веществ (БАВ) на ростовые процессы сои/ Гатаулина Г.Г., **Консаго В.Ф.**// Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, растениеводство и луговое хозяйство: сборник статей, Москва, 18-19 октября 2020 года.- Москва: 2020. – ЭЙПиСиПублишинг, 2020. – С. 307-309.

6. Гатаулина, Г.Г. Влияние погодных условий на формирование урожая сортов сои северного экотипа// Гатаулина Г.Г. Заренкова Н.В., **Консаго В. Ф.**// Доклады ТСХА, Выпуск 292, Часть 4, 2020. – С. 4-7.

7. **Консаго, В. Ф.** Рост и урожайность растений сои сорта Касатка при разных сроках посева / В. Ф. Консаго // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова: сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 198-202.

8. **Консаго, В.Ф.** Влияние препаратов эпин-экстра и циркон при действии стрессовых погодных условий в 2022 году на элементы структуры урожая и урожайность семян сои/ Консаго В.Ф.; Гатаулина Г. Г.// материалы Всероссийской конференции молодых исследователей: сборник статей, Москва, 22-24 ноября 2022 года. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 423-425.