

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

На правах рукописи

**КОНСАГО ВЕАНДИ ФРАНСУА**

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

Специальность 4.1.1 – Общее земледелие и растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель

Гатаулина Галина Глебовна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

МОСКВА – 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗВОДСТВО И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОИ.....	10
1.1. Биологические особенности сои.....	10
1.2. Районирование сортов сои .....	15
1.3. Фотосинтетическая деятельность посевов и формирование элементов продуктивности .....	17
1.4. Характеристики регуляторов роста, органоминеральных удобрений и их использование в производстве.....	20
1.5. Мировое возделывание и использование сои .....	26
ГЛАВА 2. СХЕМА ОПЫТОВ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	39
2.1 Объекты исследований .....	39
2.2 Схема опытов.....	39
2.3. Метеорологические условия вегетационных периодов .....	43
2.4. Методика проведения исследований .....	47
ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ....	50
3.1. Объект исследований.....	50
3.2. Густота стояния растений.....	50
3.3. Фенологические наблюдения.....	51
3.4. Динамика роста растений сои.....	55
3.5. Элементы семенной продуктивности и урожайность семян.....	56
3.6. Сбор белка и жира с урожаем семян .....	59
ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА СОИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	63
4.1. Густота стояния растений.....	64
4.2. Высота растений.....	66

4.3. Фотосинтетическая деятельность посевов сои .....	68
4.3.1. Накопление биомассы в фазе выполненных бобов и динамика среднесуточного прироста сухой биомассы.....	68
4.3.2. Динамика формирования листовой поверхности растений .....	73
4.4. Влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений на формирование элементов структуры урожая.....	81
4.5. Влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений на урожайность семян.....	83
4.6. Влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений на сбор белка и жира .....	85
ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РФ .....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	94
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	97
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	134

## ВВЕДЕНИЕ

*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 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 изучены недостаточно. 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., Майсуряна 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., El-shemy, 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 вариабельности 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

вариабельности 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 органоминеральное 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, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2019 г.); Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона, (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2020 г.); Всероссийской научной конференции с международным участием «Растениеводство и луговое хозяйство» (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2020 г.); Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённая 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2021 г.); Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135 летию со дня рождения А. Н. Костякова, (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2022 г.); Всероссийской конференции молодых исследователей «Аграрная наука - 2022» (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 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., Константиновичу 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.

# ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗВОДСТВО И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОИ

## 1.1 Биологические особенности сои

*Рост и развитие сои.* В течение вегетационного периода растения сои проходят следующие фазы роста и этапы органогенеза: всходы, образование 1-ого тройчатого листа, бутонизация, цветение, образование бобов, налив семян, созревание. Ниже приведены фазы сои согласно литературным источникам [203, 212, 218, 249].

В фазе прорастания семян происходит I этап органогенеза. Конус нарастания ещё не дифференцирован - G (05) или VE. В зависимости от температурного режима и влажности почвы длительность набухания и последующего прорастания семян сои может происходить за 5-10 дней. Спустя 2-3 дня после набухания начинают формироваться первичные корешки, затем появляются корневые волоски боковых корней. Одновременно с этим, удлиняясь и образуя петельку, которая выносит семядоли на поверхность, растёт подсемядольное колено. Семядоли считаются первыми листочками - после того, как они появились на поверхности, под воздействием солнечного света в них синтезируется хлорофилл, они приобретают зелёную окраску и начинается автотрофное питание растения. Простые листья (примордиальные) формируются через 3-4 дня после появления семядолей, затем – через 10-15 дней после появления всходов – появляются настоящие тройчатые листья. Именно в этот период на корнях формируются первые клубеньки. Последующие листья появляются через каждые 4-5 дней. За 20-25 дней после появления всходов растения достигают высоты 15-20 см, при этом надземная масса нарастает медленно вплоть до фазы ветвления.

Фаза ветвления – IV этап, в течение которого формируются прицветники и цветковые бугорки. Ветвление стебля начинается с появлением первого узла V1(12), второго узла V2(32) и n... узлов Vn (39...). С этого времени стебель интенсивно растёт и практически останавливает свой рост к фазе цветения, также завершается образование листьев.

Фаза бутонизации – VII–VIII этапы – характеризуется интенсивным ростом всех элементов цветка и стебля, активный рост которого приходится на фазу бутонизации и цветения и может составлять до 2-3 см в день. Всего на растении сои в среднем формируется от 1 до 5 ветвей, до 30-35 листьев и до 100 бобов.

Фаза цветения – IX этап – после завершения VIII этапа органогенеза R1 (60) оплодотворение у сои происходит ещё в закрытом бутоне. У скороспелых сортов сои цветение начинается с пятого-шестого листа, что совпадает с началом роста боковых побегов, а у позднеспелых - через 30-45 и более дней. Это зависит от особенностей сорта, а также погодных условий. Цветение начинается с цветков, размещенных в нижней части стебля, затем распространяется вверх по стеблю. Плодообразование и созревание бобов происходит аналогичным образом – снизу вверх. Цветение, образование и рост бобов являются самым продолжительным (40-60 дней) и важным периодом вегетации сои. Продолжительность цветения одной кисти - около 5-8 дней, всего растения – около 25-35 дней.

Фаза зеленой спелости бобов - X этап, в течение которого формируется и растёт плод - R3(65) - и бобы - R5 (69) - длиной 5 мм, семена в них длиной 3 мм появляются на первых четырех узлах. Первые бобы формируются спустя 10-15 дней после начала цветения, при этом период образования бобов длится, как правило, 15-25 дней.

Фаза сизой спелости бобов – XI этап R6 (75..) и R6+ (80..) – с быстрым темпом размеры семян увеличиваются до 11 мм, поскольку в них интенсивно поступают питательные вещества. Налив семян проходит последовательно по ярусам растений и в среднем длится 15-25 дней. К концу фазы налива семян вегетативный рост растений останавливается.

Началу созревания сои сопутствует пожелтение и опадание листьев нижнего яруса, далее листья опадают на среднем и верхнем ярусах. Продолжительность созревания составляет 10-15 дней при благоприятных условиях, но может увеличиваться до 20-25 дней при холодных и дождливых

погодных условиях. Уборочная спелость наступает, когда влажность семян достигает 14-16 % [33, 48, 93, 103, 130, 161, 162, 212, 243, 255, 266].

Выращивание любой культуры зависит не только от соответствующих методов выращивания, но также от её биологических потребностей. Эффективность выращивания зернобобовых, особенно – сои, напрямую зависит от технологии, которая должна быть адаптированной для её производства в различных регионах и разрабатываться с учётом биологических особенностей с тем, чтобы максимально удовлетворять потребности растений в факторах внешней среды [5, 6, 14, 18, 27, 29, 43] .

При возделывании сои из всех внешних факторов наибольшее влияние оказывают погодные условия. Погодные условия удлиняют или ускоряют вегетационный период сои в зависимости от года возделывания. Погода влияет на продукционный процесс сои, что отражается на её урожайности [30, 32, 35, 44, 47, 155, 209]. Теплолюбивость сои может быть преимуществом на фоне климатических изменений для удлинения вегетационного периода и выращивания этого бобового растения тропического происхождения в более высоких широтах. Тем не менее, необходимо, чтобы вегетационный период находился в диапазоне определенной суммы температур, чтобы избежать слишком позднего срока уборки или стресса «холода» в начале вегетационного периода. Главной проблемой интродукции и распространения сои в Европейской части России было несоответствие между фактической суммой активных температур этого региона и генетически необходимой суммой активных температур для вегетативного цикла сортов сои. Для создания сортов сои, которые бы успешно выращивались в этой части страны, в особенности, в Подмоскowie, селекционеры ориентировались на генотипический показатель, который не зависит от погоды и района выращивания [72, 94, 120, 142, 213]. Таким образом, биологические особенности сои и вероятные стрессовые условия обуславливают течение продукционного процесса при возделывании сортов сои в конкретных условиях.

**Требования к теплу.** По требованиям к условиям произрастания соя относится к довольно теплолюбивым растениям. Различные научно-исследовательские работы указывают на оптимальные для развития сои температуры между 22 и 32 °С [212, 213, 261]. Для завершения вегетации (от фазы всходов до созревания) суммы активных (>10 °С) температур находятся у сои в пределах от 1600 до 4000 °С, что зависит от происхождения конкретного сорта. Семена сои хорошо прорастают и отличаются быстрым появлением всходов при активной температуре 14-15 °С. По данным В.Б. Енкена и Г.С. Посыпанова, оптимальные для роста и развития сои среднесуточные температуры воздуха составляют 22-25 °С во время цветения, 21-23 °С при образовании плодов и 19-20 °С во время созревания [67, 142]. Соя хорошо переносит кратковременные заморозки от -2,5 до -4 °С на поверхности почвы, однако в фазу цветения и образования бобов она крайне чувствительна как к кратковременному понижению температур, так и к высоким температурам. Так, при среднесуточной температуре воздуха 32 °С и более листья усыхают, цветки и бобы опадают. В более холодные годы соя отличается растянутым цветением и созреванием и формирует меньшее количество бобов [158, 236].

**Требования к влаге.** В начальный период роста до фазы цветения соя отличается относительной засухоустойчивостью. В дальнейшем для роста и развития сои требуется большое количество влаги. То же наблюдается и в фазу набухания семян. По мере роста растений потребность в воде увеличивается, достигая максимального значения при наливе семян, когда их рост составляет от 7 до 8 мм в день. Затем потребление воды снижается. Для формирования хорошего урожая поглощение влаги соей за вегетацию должно составлять в зависимости от климатических условий от 450 до 800 мм. В недостаточно увлажненных районах проводятся вегетационные поливы, соя размещается на орошаемых землях. Воздушная засуха, особенно в период цветения и образования бобов, отрицательно сказывается на формировании урожая, поскольку при низкой влажности растения сои не образуют новых бобов и сбрасывают сформировавшиеся [34, 35, 47, 54, 70, 124, 241, 250, 251].

**Требование к свету.** Соя является растением короткого дня, по этой причине старые сорта восприимчивы к изменению светового режима. Длина дня определяет продолжительность фаз развития, высоту растения, число междоузлий и общую продуктивность растения. При коротком световом дне продолжительность каждой фазы развития (всходы – цветение, цветение – плодообразование, плодообразование – созревание) сокращается. Так, например, существуют сорта, не переходящие к плодоношению в условиях длинного дня, в этом случае они долго наращивают вегетативную массу, не формируя урожай. В настоящее время успешная селекция на фотонейтральность сои привела к созданию множества сортов, не реагирующих или слабо реагирующих на увеличение длины дня. Отбор фотонейтральных форм проводился в условиях длинного дня. Следовательно, чем севернее создавался сорт, тем большей скороспелостью и меньшей чувствительностью к длине светового дня он отличается. Соответственно, сорта южного происхождения чувствительны к длине дня [125, 144, 156, 217, 242, 249, 258].

Для нормального развития сое требуется достаточно высокая интенсивность света, она наиболее восприимчива к затенению в фазе цветения [41, 142].

**Требования к почве.** Для возделывания сои подходят все типы почв, кроме кислых и тяжёлых почв с плохой аэрацией. Соя не переносит затопления длительностью более 3 дней, засоления, превышающего 0,05 % по плотному осадку и повышенной кислотности почвы, где уровень рН составляет ниже 5,5. Оптимальные почвенные условия аэрации для нормального развития корневой системы сои достигаются при объёмной массе почв 1,1-1,25 г/см<sup>3</sup>. Лучшей почвой под сою является суглинистый или супесчаный чернозём с высоким содержанием кальция и гумуса.

Оптимальные почвенные условия чрезвычайно важны для сои, поскольку при них наиболее полно раскрывается высокий потенциал сои к фиксации азота воздуха. За счёт азотфиксирующей способности соя при благоприятных

условиях симбиоза может обеспечить себя азотом до 70 % от общей потребности в нём [10,11, 28, 78, 111, 113].

**Особенности минерального питания.** Минеральное питание растений – важнейший процесс жизнедеятельности, обеспечивающий жизнеспособность и продуктивность растений. Соя потребляет достаточно много элементов питания за вегетацию, так как они необходимы для формирования большой вегетативной массы и образования семян с высоким содержанием жира и белка. Полная система использования минеральных элементов должна основываться на биологических особенностях поступления элементов питания в растения и учитывать их химическую трансформацию в почве [89, 119, 107, 157, 176, 225, 254, 271].

При высоком содержании в почве подвижных форм элементов питания растения сои могут увеличивать их потребление в несколько раз по сравнению со своей средней потребностью. Избыток таких элементов питания депонируется в тканях растения, а затем при наступлении периода налива бобов перераспределяется из стеблей и листьев в бобы и семена.

## **1.2 Районирование сортов сои**

Чувствительность к длине дня и температуре является важным критерием, определяющим выбор сорта. Биологически соя отличается чувствительностью к продолжительности дня. Растения сои произрастают в условиях короткого дня, то есть цветение происходит, когда световой день длится менее 16 часов. Очень ранние сорта отличаются скороспелостью и низкой продуктивностью. Цветение у очень ранних сортов начинается через 30–35 дней после всходов, а созревание - через 75–105 дней. Поздние сорта, напротив, более продуктивны, цветение начинается также через 30-35 дней, однако созревание может наступить через 110-140 дней. Поздние сорта формируют много листвы, в связи, с чем они могут выращиваться в интегрированных хозяйствах, где развивают животноводство, так как зелёная масса сои является легко усваиваемым кормом [1, 11, 20, 67, 78, 142].

По данным литературных источников, оптимальные для развития сои температуры (22 - 32 °С) могут изменяться в течение вегетации. Температуры, ниже которых растения не развиваются, называются минимальными и составляют для сои от 2,5 до 13,2 °С в зависимости от сорта. Активной температурой считается такая температура дня, при которой обеспечивается нормальное протекание всех физиологических процессов в растении, она имеет важное значение и определяется генотипом сортов сои. Нижняя граница активной температуры для большей части сортов сои составляет 10 °С.

В связи с нестабильностью погодных условий по годам соответствие различных характеристик сорта, таких как группа спелости, тип роста, устойчивость к засухе и т.д., и почвенно-климатических условий, в которых он возделывается, является главным фактором при возделывании любой культуры. Важно установить характер взаимодействия между генотипом, почвенно-климатическими условиями и технологиями возделывания сои с тем, чтобы адаптировать рекомендации по возделыванию различных сортов для конкретных условий. При интродукции сои в новые для сельскохозяйственного производства регионы необходимо учитывать не только сравнительную урожайность сортов, но и знать, какие сорта в данном хозяйстве будут устойчиво созревать в любой год, а у каких сортов есть риск не успеть завершить вегетационный период [42, 48, 54, 76, 81, 102, 105, 146, 161]. В зависимости от погодных условий и места произрастания один и тот же сорт может классифицироваться по-разному. Это отражено во многих исследованиях, так, например, Г.С. Посыпанов установил, что сорт Магева в Подмосковье в год с жарким летом заканчивал вегетацию за 92 дня, а в холодный год - за 135 дней. При этом в Предкавказье этот сорт закончил вегетацию за 82 дня [144, 194].

Сорта сои по продолжительности вегетации условно делят на ультраскороспелые (80-90 дней), ранние (90-100), среднеспелые (110-120), позднеспелые (130-150) и очень позднеспелые (свыше 150 дней) (по Корсакову). Посыпанов Г.С. классифицирует сорта сои в соответствии с

суммой активных температур, которая варьируется в зависимости от сортовых особенностей, составляя от 1700 до 3500 °С и более [146, 162, 174, 177].

**Сорта.** Для полного раскрытия потенциала продуктивности сорта необходимо его соответствие определённым географическим и почвенно-климатическим условиям. Таким образом, выбор сорта для конкретных условий является одним из самых главных факторов успешного производства сои. В технологиях возделывания сои важнейшим элементом представляется выбор высокопродуктивных, адаптированных к климатическим условиям региона, стабильных по урожайности и продолжительности вегетационного периода сортов с высокой степенью устойчивости к полеганию и другим неблагоприятным факторам среды. Всё это позволяет механизировать процесс выращивания и уборки сои [183, 213, 215].

В Государственный реестр селекционных достижений включено свыше 140 сортов сои. В последнее время разнообразие сортов, в особенности допущенных к использованию в Европейской части России, увеличивается.

Наиболее распространёнными в России являются сорта с продолжительностью вегетационного периода 90-130 сут.

В Государственный реестр 2018 г. включено 144 сорта сои. Основным регионом возделывания сои является Дальневосточный. В данном регионе к производству допущено 32 сорта. Превалирующее число сортов было выведено в различных селекционных учреждениях и допущено к использованию в регионах Европейской части России. Ареал возделывания сои продолжает расширяться, в настоящее время соя распространена и в северных районах страны [51, 52].

В качестве объектов в наших исследованиях используются сорта северного экотипа – Касатка, Магева, Окская, Светлая, Малета и Георгия.

### **1.3 Фотосинтетическая деятельность посевов и формирование элементов продуктивности**

Урожай растений формируется посредством фотосинтеза, позволяющего производить биомассу за счёт фиксации углекислого газа и световой энергии.

Посев (агроценоз) в этой связи рассматривается как динамическая фотосинтезирующая система, которая во времени постоянно изменяет свои параметры [34, 41, 66, 98]. Чем больше накопление биомассы, тем выше показатели жизнедеятельности растения на всех этапах его развития. Фотосинтетическая деятельность посевов обуславливает формирование урожая. Фотосинтез представляет собой наиболее важный фактор, который определяет уровень продуктивности посевов. От посева до всходов у растений отсутствует фотосинтез, однако для формирования будущего урожая крайне важно, чтобы семена одновременно прорастали, набухали и давали дружные всходы. В это время развитие проростков происходит за счёт веществ, накопленных в семядолях. В зависимости от температурных условий и влагообеспеченности продолжительность периода набухания и прорастания семян может быть различной [93, 101]. На разных этапах развития растений соотношение элементов структуры урожая имеет определённый характер. Известно, что рост и развитие растений связаны с продолжительностью межфазных периодов. В условиях короткого дня развитие сои ускоряется, надземная масса, и высота растений уменьшаются. Под воздействием коротковолновых лучей наступление отдельных фаз развития ускоряется, а под воздействием длинноволновых, напротив, замедляется. В период формирования плодов бобы могут опадать из-за недостатка света. Высокопродуктивные сорта сои отличаются определённым механизмом перераспределения пластических веществ, что обусловлено их физиологическими особенностями [102, 131, 132, 147, 151, 171, 186, 228, 229].

У растений сои существуют два периода развития, в течение которых фотосинтез отсутствует – посев-всходы, когда у растения еще нет зелёных тканей, и созревание, когда листья усыхают и опадают.

Фотосинтетическая деятельность посевов наблюдается с момента появления всходов и продолжается до созревания растений в агроценозе. Продукционный процесс, в результате которого формируются элементы продуктивности посевов, делится на четыре периода. В ряде научных работ

можно ознакомиться с описанием особенностей продукционного процесса каждого из этих периодов вегетации [32, 33, 45, 156, 162].

*Период I – продолжается от всходов до начала цветения.* У растения сои через месяц или полтора-два месяца после появления всходов начинается цветение, продолжительность которого зависит от сорта и условий среды. Во время этого периода формируется густота стеблестоя. Сначала медленными темпами, а затем - быстрыми нарастает листовая поверхность, происходит развитие корневой системы, в том числе, клубеньков [103].

*Период II – «цветение и образование плодов».* В этом периоде увеличиваются листовая поверхность и биомасса, это продолжается до конца периода, когда рост растений в высоту обычно останавливается. Узлы растений развиваются и функционируют. В конце данного периода отмечаются максимальная за вегетацию площадь листьев и число плодов в расчете на одно растение и на единицу площади [44, 93, 214, 226, 250]. *Это критический период в формировании урожая.* Именно на этом этапе растения наиболее чувствительны к дефициту воды, поскольку в случае недостатка влаги и других неблагоприятных факторов (например, при пониженной температуре) цветки опадают, клубеньки плохо образуются и функционируют, вследствие чего конечный урожай резко снижается. Оптимальной в этот период считается среднесуточная температура от 20 до 25 °С. Чрезмерное увеличение вегетативной массы на данном этапе неблагоприятно сказывается на формировании высокого урожая семян.

*Период III – рост плодов.* Образование плодов начинается с нижних узлов растения и происходит последовательно, заканчиваясь в пазухах верхних листьев. Рост плодов наблюдается в этой же последовательности. Растения остаются зелёными до начала зрелости. Продолжаются значительные суточные приросты биомассы. Если зерновые бобовые культуры возделываются на зелёную массу, уборку необходимо проводить в конце данного периода.

*В периоде IV – налив семян* - активность клубеньков снижается, что приводит к снижению интенсивности питания азотом, при этом происходит отток азота из других органов в семена. Наблюдается увеличение массы семян.

В этот период происходит окончание формирования семян. Налив семян заканчивается при высокой влажности - 50-60 % [33].

*Созревание плодов.* Когда зелёные плоды становятся коричневыми, они считаются созревшими. Этот процесс происходит последовательно снизу вверх. Такие негативные для возделывания характеристики бобовых, как неравномерность созревания и растрескиваемость плодов, приводят к значительным потерям урожая. По этой причине необходимо тщательно выбирать сроки и способы уборки растений [212, 214, 227].

#### **1.4 Характеристики регуляторов роста, органоминеральных удобрений и их использование в производстве**

В сельскохозяйственном производстве интенсивное применение химических веществ является основной причиной загрязнения почв, которое, в конечном счёте, приводит к потере урожая сельскохозяйственной продукции [133, 192, 193, 234].

Вследствие этого разработана научно-обоснованная технология возделывания сельскохозяйственных культур, включающая применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений, является важной и актуальной задачей для сельскохозяйственного производства [6, 10, 18, 27, 29, 99, 109, 111, 113, 116, 179, 190, 237, 255].

Современное земледелие ориентировано на создание такой системы сельскохозяйственного производства, которая наиболее полно использует функциональные возможности, предлагаемые агроэкосистемами, а также на разработку экологических технологий производства сельскохозяйственных культур. Это позволит устойчиво сочетать социально-экономические, экологические и санитарные показатели.

Ранее была показана роль основных питательных веществ в жизни растений. Многочисленные исследования показали, что определенные вещества или микроорганизмы способствуют росту и развитию растений, хотя они не обеспечивают их питательными веществами в значительных количествах. Эти вещества (регуляторы роста и органоминеральные удобрения), часто имеющие

естественное происхождение, позволяют растениям, помимо прочего, лучше усваивать питательные вещества, особенно при воздействии стрессовых факторов [12, 60, 69, 74, 106, 134, 274].

В 60-х годах изучались пути стимуляции и торможения физиологических процессов с помощью таких веществ, как ингибиторы роста, например, абсцизовой кислоты, фитогормонов регуляторного типа, а также химических препаратов-стимуляторов корнеобразования, ретардантов и др.[62, 85, 86, 87].

Термин «фитогормон» охватывает существующие в природе ростовые вещества, разделяющиеся на несколько групп. Первым открытым и изученным фитогормоном является ауксин. У бобовых культур естественным ауксином является 4-хлор-3-индолилуксусная кислота. Важно отметить, что в продуктивности бобовых значительную роль играют именно ауксины. При этом применение ауксинов совместно с минеральными удобрениями способствует повышению эффективности последних, что объясняется синергетическим эффектом их совместного действия [145, 187].

Гиббереллины вызывают стимуляцию вегетативного роста растений и образования плодов. Американскими и японскими исследователями установлено, что опрыскивание посевов сои гиббереллиновой кислотой усиливает эффективность минеральных удобрений и за счёт повышения массы бобов приводит к увеличению урожайности растений [73, 77, 274].

В начале XXI века среди сельскохозяйственных производителей возрос интерес к биопрепаратам, относящимся к регуляторам роста. В исследованиях Н.М. Фомина (2000) описывается использование препаратов этой группы совместно с бактериальными удобрениями и обосновывается высокая результативность их применения.

В ряде научно-исследовательских работ [3, 17, 104] при использовании микробиологических удобрений зафиксировано увеличение урожая и повышение его качества благодаря улучшению агрохимических показателей почвы и режима питания растений, возрастанию качества гумуса и др.

Российский исследователь Е.Б. Борцова [7] отмечает, что при применении в посевах бактериальных препаратов в растениях увеличивается не только количество питательных элементов, но и таких стимулирующих веществ, как витамины, фитогормоны и т.д.

Использование минеральных удобрений невыгодно для сельхозпроизводителей ввиду их высокой стоимости и постоянного повышения цен. В этой связи сельхозпроизводителям целесообразно рассматривать другие пути повышения урожайности. Одним из таких альтернативных направлений представляется применение новых регуляторов роста и органоминеральных удобрений, так как их использование не приводит к значительному увеличению затрат, а эффективность современных регуляторов роста и органоминеральных удобрений находится на высоком уровне [118, 123, 127].

Регуляторы роста и органоминеральные удобрения иногда называются «альтернативой» традиционным и более широко распространённым препаратам прямого действия (гербицидам, инсектицидам и удобрениям), так как, косвенно воздействуя через растения или почву, они оказывают влияние на последние.

Сейчас, когда требования общества по отношению к устойчивости сельскохозяйственных систем, а также нормативные и технические требования к сохранению окружающей среды постоянно повышаются, регуляторы роста и органоминеральные удобрения становятся всё более значимым направлением для сельхозпроизводителей в мире. Таким образом, стимулирование естественного иммунитета растений рассматривается как способ защиты, приводящий к сокращению использования традиционных методов защиты растений. Помимо прочего, регуляторы роста и органоминеральные удобрения используются как средство увеличения эффективности синтетических удобрений и, соответственно, снижения их использования [137, 147, 148, 149].

Различные препараты характеризуются определёнными свойствами и функциями и имеют самое разнообразное происхождение и спектр способов действия. Ниже представлены три группы препаратов [189, 190, 274]:

- Органические препараты;

- Микробные препараты;
- Неорганические препараты.

Все перечисленные выше препараты, содержат регуляторы роста и органоминеральные удобрения, используемые для обработки семян и другого посадочного материала, корневой системы и для листовой подкормки растений [8, 24, 98].

Регуляторы роста и органоминеральные удобрения являются гормонами-координаторами, которые регулируют процессы роста и метаболизма в растении, а в сочетании с правильной агротехникой – осуществляют регуляцию и обеспечивают высокую продуктивность симбиотического аппарата [12, 150, 151]. Их использование ускоряет прорастание семян, повышает продуктивность растений и их устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды [152]. В последнее время наибольший интерес у исследователей вызывают регуляторы-антистрессоры, они были исследованы на множестве сельскохозяйственных растений, в том числе - на сое. К этим препаратам относятся Эпин-Экстра, Циркон, Силиплант и органоминеральное удобрение ЭкоФус [19, 57, 61, 62, 63, 188].

Эпин-Экстра - это антистрессовый адаптогенный регулятор роста природного происхождения. Он используется для защиты растений от заморозков, переувлажнения, засоления и др., уменьшает содержание нитратов и тяжёлых металлов в почве. Является детоксикантом, поскольку выводит из растений остаточное количество пестицидов и других загрязнителей. Используется для обработки семян, ускоряя их прорастание, а также при посадке или пересадке для более быстрого укоренения растений, стимулирует образование корней и плодов и повышает урожайность и качество продукции. Механизм действия Эпина-Экстра заключается в опосредованной регуляции гормональной системы путём влияния на активность и биосинтез ферментов окислительного цикла, гидроксилитических ферментов (протеазы). Таким образом, данный препарат обладает широким спектром действия - усиливает прорастание семян и стимулирует рост растений, индуцирует устойчивость к

биотическим и абиотическим факторам, увеличивает урожай и повышает его качество [16, 24, 25].

Для обработки семян зерновых культур Эпин-Экстра применяется в дозировке 200 мл/т в чистом виде или в смеси с протравителем, при этом норма расхода последнего снижается на 20-30 %. При опрыскивании вегетирующих посевов рекомендуется дозировка 40 - 50 мл/га. Обработка посевов люцерны Эпином-Экстра, согласно исследованиям, приводила к повышению урожайности зелёной массы [21, 22, 23, 39].

Разработчиком и производителем препарата Силиплант является ННПП "НЭСТ М". Силиплант – это единственное универсальное жидкое микроудобрение отечественного производства, которое отличается высоким содержанием биоактивного кремния и целым комплексом микроэлементов в доступной для растений форме. Он рекомендован для предпосевной обработки семян и посадочного материала и опрыскивания вегетирующих растений. Силиплант с высокой эффективностью восполняет вынос кремния из почвы, стимулирует рост и развитие корней и побегов, нивелирует действие различных стрессовых факторов, способствует активации фотосинтеза. Силиплант является индуктором устойчивости растений к сосущим вредителям (клещам, трипсам, тлям, щитовкам и др.), увеличивая механическую прочность тканей растений за счёт высокого содержания кремния, необходимого для клеточных стенок. Способствует стерилизации спор фитопатогенных грибов, защищая растения от фитофтороза, парши, мучнистой росы и других заболеваний, а также повышает эффективность применения пестицидов, повышая адгезию препаратов и их проникновение в ткани растения. Силиплант существенно повышает коэффициент использования удобрений. Роль кремния в растениях крайне важна. Она возрастает при усилении воздействия различных стрессовых факторов среды. Кремний повышает прочность клеточных стенок растений, что особенно важно для злаковых и других культур, склонных к полеганию. Этот элемент питания способствует повышению морозо- и засухоустойчивости, увеличению интенсивности фотосинтеза, усиливает активный рост корней и

листьев [4, 8]. В условиях засухи Алтайского края и Западной Сибири опрыскивание посевов сои в фазу всходов привело к увеличению количества полноценных бобов на одно растение и на единицу площади. Прибавка урожая при этом достигла 20–35 %, сбор белка увеличился на 13–36 %. В засушливом 2008-м году в Амурской области использование Силипланта в фазу всходов отразилось на большем накоплении надземной массы и увеличении числа полноценных бобов. Урожайность сои в данных условиях повысилась на 19,8 %, а сбор белка - на 13 % [40, 60, 86, 108].

Циркон – природный регулятор, полифункциональное соединение, с широким спектром действия. Препарат Циркон разработан и с 2001 года зарегистрирован компанией «НЭСТ М». В настоящее время он широко распространён и внедрён в технологии возделывания более 60-ти видов сельскохозяйственных культур открытого и закрытого грунта (зерновых, зернобобовых, овощных, технических, плодово-ягодных, декоративных, лесотехнических и лекарственных культур).

Согласно научным работам, совместное применение Циркона и Силипланта может способствовать повышению класса зерна пшеницы с 3 до 2, поскольку при их использовании повышается содержание белка и качества клейковины в зерне. В баковой смеси с гербицидами (в особенности, при пониженной норме) препараты Циркон и Силиплант повышают процент гибели сорных растений, что приводит к повышению качества урожая и увеличению выхода зерна на 0,62 и 0,7 т/га соответственно [4, 3, 36, 123].

Препарат “ЭкоФус” представляет собой органоминеральное удобрение, разработанное на основе бурой водоросли (фукуса пузырчатого).

“ЭкоФус” – водорослевый концентрат, содержащий все необходимые для роста и развития растений минеральные элементы, органические и физиологически активные вещества. Это определяет его иммуностимулирующие, фунгипротекторные, противовирусные и антибактериальные свойства. Он повышает активность и интенсивность фотосинтеза, выводит токсичные вещества из растений, благоприятно воздействуя на почвенную микробиоту и улучшая

физико-химические показатели почвы. Таким образом, механизм действия ЭкоФуса в трёх направлениях - обеспечивает питание растений, защиту и вывод токсичных веществ.

ЭкоФус (водный раствор) применяется водным поливом или опрыскиванием при равномерном увлажнении земляного кома или поверхности листьев, бутонов и цветков. Для повышения засухоустойчивости проводятся обработки Цирконом, при корневых гнилях, опрыскивание ЭкоФусом сочетают с обработкой Силиплантом. В ряде опытов осуществление некорневых подкормок растений различными препаратами позволило получить высокий урожай. Так, в защищённом грунте при обработке растений томата смесью удобрения ЭкоФус с Эпин-Экстра урожайность повышалась на 5,4 и 10,6 % соответственно. Повышение нормы расхода удобрения с 1,5 до 3 л/га обуславливало увеличение сбора плодов с 1 на 1,29 кг/м<sup>2</sup>, а размер плодов при этом был более крупным [4, 53].

Во многих публикациях отечественных исследователей отражена важная роль регуляторов роста в повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам и получении востребованной экологической чистой продукции [39, 40, 57, 62, 63, 78, 99, 100].

Среди биопрепаратов есть те, которые успешно внедрены в производство зерновых и зернобобовых, в том числе, в технологии возделывания сои. К ним относятся Циркон. Новые поколения регуляторов роста и органоминеральных удобрений в настоящее время получают всё более широкое распространение.

### **1.5 Мировое возделывание и использование сои**

Сою культивировали в XI веке в Китае [20, 67, 142], постепенно она интродуцировалась в другие страны, чтобы впоследствии стать одной из главных культур в Соединенных Штатах, Бразилии, Аргентине, Индии и в Корее. В Европу соя была введена в 1700 году, уже тогда это растение признали уникальным. В 1765 году в Соединенных Штатах сою впервые представил Дэвид Боуэн, но только с 1890 года благодаря высокому содержанию белка и масла в семенах её стали использовать в качестве источника пищи [224, 231].

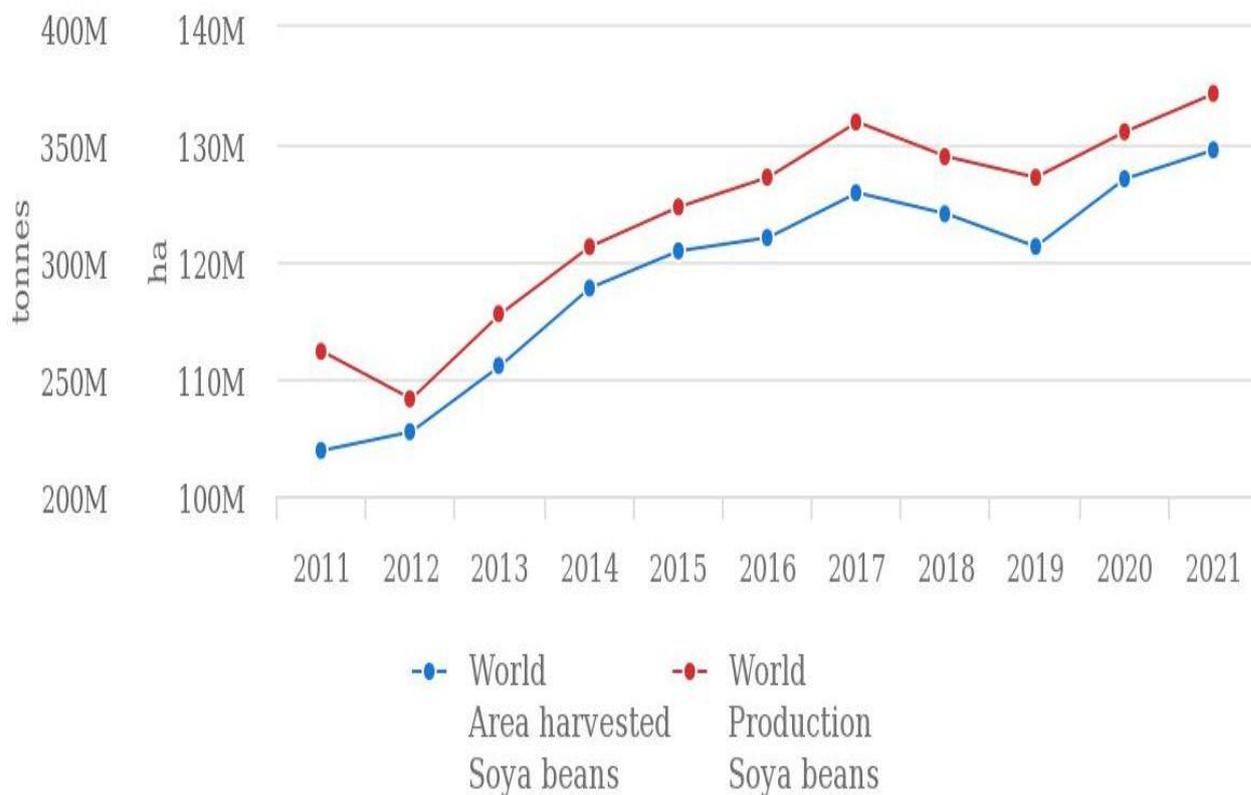
Целенаправленная селекция сои и внедрение её в промышленных масштабах начались в 1920 году, когда американцы привезли из Азии и Европы большую коллекцию сортообразцов, использовавшихся в качестве зародышевой плазмы для их гибридизации.

Время интродукции сои в Африку неизвестно, вероятнее всего, она была ввезена китайскими торговцами из Восточного побережья в 19-м веке [163, 248]. В настоящее время соя возделывается в самых разных регионах мира, включая субтропический и умеренный. Эта культура играет большую роль в обогащении рациона питания сельского населения всех континентов.

В начале XX века в России также началась широкая интродукция сои, началом которой послужило создание Амурской опытной станции по выращиванию сои, которая впоследствии была переименована во Всесоюзный научно-исследовательский институт сои (ВНИИ сои) [55, 64, 67, 76, 92].

Дальневосточный регион в долине реки Амур традиционно был основным регионом возделывания сои [195]. Попытки расширить ареал возделывания не имели успеха до настоящего времени. Сейчас, благодаря успешному созданию множества сортов сои, её выращивают в Европейской части России [51, 52].

Соя является очень древней культурой, которую выращивали ещё до нашей эры в Китае, Индии, Японии, Корее. Соя [*Glycine max* (L.) Merr.] возделывается в умеренном субтропическом и тропическом поясах и является самой распространенной зернобобовой масличной культурой в мире, возделываемой в странах умеренного субтропического и тропического пояса. С каждым годом происходит увеличение объёма производства и посевных площадей сои. По данным ФАО (2021 г.) [231], уборная площадь составила 130 млн. га, а объём производства сои в мире достиг 372 млн. тонн. В последние годы (с 2017-2019 гг.) производство сои сокращается из-за уменьшения посевных площадей и влияния погодных условий, что приводит к росту стоимости продукции сои.

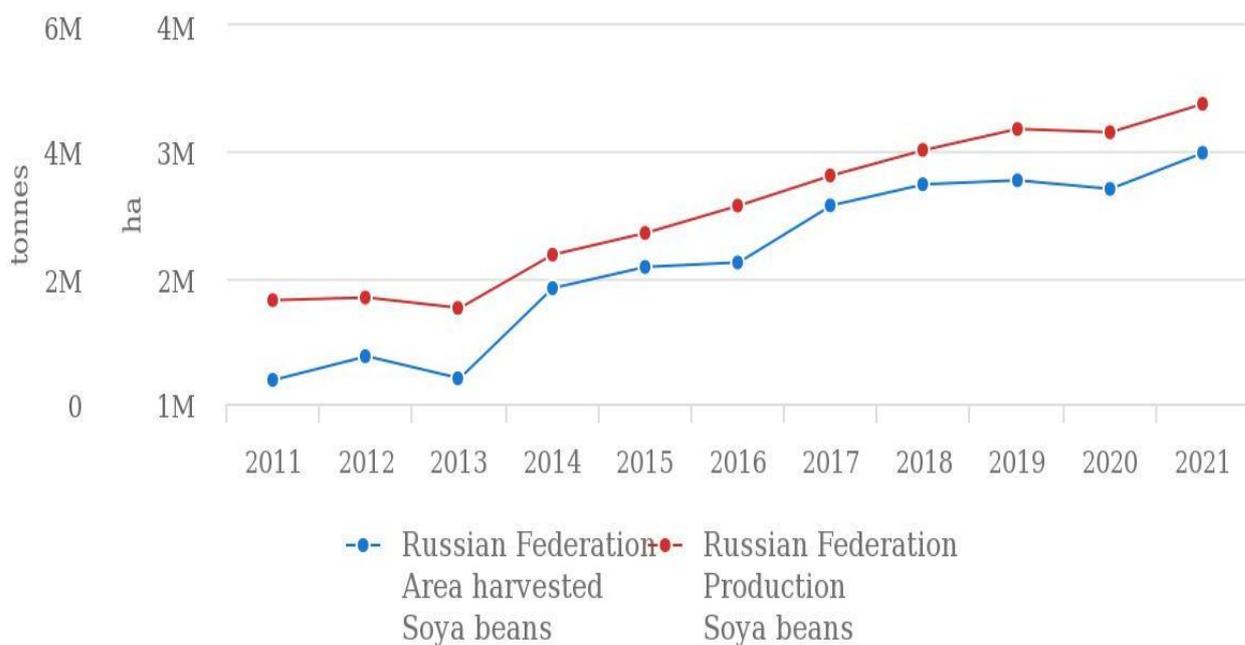


Source: FAOSTAT (Mar 17, 2023)

Рисунок 1- Посевные площади, млн. га и валовые сборы сои в мире, млн. тонн (2011-2021 гг.)

Наибольшая площадь возделывания сои сейчас находится в Бразилии. В 2021 году по объёму производства сои топ-10 стран разместились в следующей последовательности: Бразилия, США, Аргентина, Китай, Индия, Парагвай, Канада, Российская Федерация, Украина и Боливия.

В России по итогам 2021 года было произведено около 4,76 млн. тонн сои, а убранная посевная площадь достигла 3068 тыс. га (Росстат, 2021 г.) и данным ФАО [153, 231].



Source: FAOSTAT (Mar 17, 2023)

Рисунок 2 - Посевные площади, млн. га и валовые сборы сои в России, млн. тонн (2011-2021 гг.)

**Значение и роль сои в решении проблемы производства растительного белка.** Одной из важнейших задач этого столетия представляется нахождение новых продовольственных ресурсов. На сегодняшний день многие страны сталкиваются с хроническим недостатком белка у людей, связанным с растущей численностью населения планеты. Организму человека необходимо 100-120 г белка в сутки, из которых 60 % составляет животный белок.

В настоящее время, особенно в некоторых странах мира, в рационе питания человека проявляется значительный дефицит белков животного происхождения. Потребность в белке в основном удовлетворяется растительной пищей (зерновые, бобовые и т.д.), которая, к сожалению, не может полностью обеспечить человека необходимыми белками. Поэтому наиболее целесообразным является сочетание двух источников белка, чтобы наилучшим образом удовлетворить потребности организма [75, 78, 105, 136, 140, 141, 205, 224].

Решение этой проблемы - обязательное увеличение доли животных белков. Увеличение объема животноводческой продукции чрезвычайно важно

для улучшения продовольственной ситуации в мире. Известно, что для производства продукции животноводства необходим белок растительного происхождения - на 1 ед. животного белка расходуется от 3 до 7 ед. растительного белка. Таким образом, необходимо увеличение производства растительного белка для обеспечения продуктивности животных.

Можно провести анализ производства растительного белка в странах с развитым сектором животноводства, в частности, в странах Европейского Союза (ЕС). До сих пор страны ЕС обеспечивают себя растительным белком, источником которого является соя, импортируя её из Америки. То есть в настоящее время они находятся в «белковой» зависимости от стран-экспортеров.

Для того, чтобы решить эту проблему, страны Евросоюза в течение ряда лет проводили множество исследований по состоянию производства зернобобовых культур и сои. Специалисты проанализировали и обобщили результаты этих исследований и выявили уникальные биологические особенности зерновых бобовых культур:

- в их семенах содержится в 2-4 раза больше белка по сравнению с зерновыми культурами, а именно - 23-45 % белка у различных видов и сортов;
- за счёт симбиоза с клубеньковыми бактериями растения фиксируют до 150 – 300 кг/га атмосферного азота;
- повышение урожайности последующих культур составляет в среднем 25 %;
- их возможно выращивать без использования дорогостоящих, загрязняющих окружающую среду азотных удобрений;
- являются экологически безопасными культурами, используемыми в органическом земледелии.

Аномальные погодные условия, биотические факторы и биологические особенности зернобобовых культур, такие как индетерминантный тип роста, длительное цветение и созревание, низкое прикрепление бобов, могут препятствовать созданию оптимальных условий для симбиоза и формирования

урожая и приводить к нестабильности урожайности. В исследованиях, проведенных в странах ЕС, подчеркнули, что у производителей зачастую нет знаний о факторах, воздействующих на производственный процесс и урожайность зернобобовых культур [197, 204, 207, 207, 211, 215, 2016, 218, 2021, 2022, 233, 236, 281].

В Российской Федерации также проводилось множество исследований и написано большое количество статей о производстве зернобобовых культур, где также освещается роль зернобобовых культур в устойчивости и экологической безопасности земледелия и выделяется особое значение сорта в производстве сои и других зернобобовых культур [95, 97, 142, 144]. В настоящее время селекционеры зернобобовых культур добились больших успехов. Главные задачи селекции – создание новых сортов, адаптированных к конкретным условиям возделывания, устойчивых к вредителям и болезням, с высоким потенциалом урожайности и белковой продуктивности. В этой связи, исследования особенностей сортов и способов управления производственным процессом в конкретных почвенно-климатических условиях по-прежнему остаются актуальными [10, 69, 102].

Для бобовых культур важную роль в выборе сорта и приёмов для его возделывания играет чувствительность растений к длине дня. Множество исследований было посвящено как созданию инновационных технологий выращивания сои, так и разработке её отдельных элементов и приёмов [113, 189, 192].

Таким образом, нами была продемонстрирована роль зернобобовых культур, в частности сои, в устойчивости и экологической безопасности, полевых агросистем, был освещён дефицит растительного белка в промышленной переработке и в обеспечении животноводства кормовой базой, а также приведены аспекты изучения и решения этой проблемы.

***Полезные свойства сои.*** В ряде работ уже были отражены такие характеристики химического состава семян сои и их полезные свойства как влажность, белок, индекс растворимости азота (ISA), индекс диспергируемости

белка (IDP), содержание аминокислот, липоксигеназ, ингибитора трипсина (TI), масла, жирных кислот, клетчатки, сахара и изофлавонов [88, 91, 140, 224].

Соя является уникальной культурой, которая используется во множестве направлений. В основном сою выращивают на шрот, который содержит около 48 % белка, являющегося основным продуктом, и 20 % масла, являющегося вторичным. Направления использования сои можно разделить на две группы: в первой семена используются целиком, вторая предполагает переработку семян - изготовление шрота и извлечение масла. Традиционные соевые продукты делятся на ферментированные и неферментированные.

Кратко опишем неферментированные соевые продукты, к которым относятся соевое молоко, тофу и др. *Соевое молоко* представляет собой белую эмульсию или суспензию, которая в составе растительного масла содержит растворимые белки и углеводы. Традиционно соевое молоко изготавливалось в Китае, а также в Восточной Азии, однако оно никогда не являлось продуктом, постоянно используемым в питании населения. Только в начале этого столетия в Европе стала популярной концепция молокоподобных продуктов питания. *Тофу* – это напоминающий творог продукт, который представляет собой белок, осажденный солью кальция или концентрированной морской водой. Тофу можно сравнить с сыром или мясом. За счёт оптимального соотношения белка и жира в нём намного меньше калорий по сравнению с этими продуктами питания. Также он не содержит холестерина, лактозу и характеризуется низким содержанием ненасыщенных жирных кислот [92, 136, 225].

К неферментированным соевым продуктам также относятся: ростки сои, соевые овощи, эдамаме (зелёные, незрелые соевые бобы, которые собирают, когда семена ещё зелёные). Бобы эдамаме имеют сладкий вкус и могут подаваться в виде закуски, а после варки в подсоленной воде - в виде основного блюда. Бобы сои считаются полезным продуктом, поскольку они богаты белком и клетчаткой. Также в пищу используют жареные соевые бобы. К ферментированным соевым продуктам относятся: мисо, представляющее

экстракт нагретой соевой воды, образованной после измельчения бобов и фильтрации), темпе - соевые бобы, ферментированные грибами *Rhizopus oligosporus*, соевый соус – экстракт, полученный от брожения сои и пшеницы.

Известно, что соя, помимо высокого содержания белка (35–45 %), характеризуется высоким содержанием жира (18–23 %). Соевое масло по объёмам использования и производства во всем мире уступает лишь пальмовому маслу (*Elaeis guineensis*) [92].

Соевое масло может использоваться для получения альтернативного вида топлива (биотоплива). Биотопливо производится из соевого масла и представляет собой чистый вид топлива на основе кислорода. Возобновляемое растительное сырьё – в том числе, соевое масло, а также другие растительные и животные жиры, перерабатываются в эфиры, которые используются в дизельных двигателях. Это направление использования затрагивает только небольшую часть мирового производства сои, однако в некоторых странах, таких как Аргентина, это способствовало увеличению производства сои [87, 88, 224].

Демографический рост определяет увеличение потребления животного и растительного белка, особенно это касается развивающихся стран. В этой связи, производство сои согласно прогнозам будет быстро расти. Прогнозы (ФАО, 2007 г.) показывают, что производство сои достигнет до 515 млн. тонн к 2050 году, а ежегодный рост будет увеличиваться до 2030 года на 2,2 %. Так, за последние десять лет в Китае потребление сои увеличилось вдвое. К 2021-2022 гг. прогнозировалось увеличение китайского импорта сои на 59 %. В ближайшие 10 лет ожидается, что производство и потребление сои в Африке и на Ближнем Востоке также будет быстро увеличиваться [231].

Самые разнообразные соевые продукты могут использоваться в рационах питания людей и животных в качестве заменителей мяса и других продуктов животноводства, при этом их потребление будет снижать содержание холестерина и глюкозы в крови. Продовольственная безопасность страны напрямую зависит от объёмов производства продукции животноводства,

которое, в свою очередь, зависит от производства кормов соответствующего качества. Таким образом, главной причиной увеличения производства сои в мире является увеличение потребления мяса. Для кормления животных и птицы используется порядка 70-75 % всей производимой в мире сои [20, 139, 141].

Возделывание сои выгодно как с экологической, так и с экономической точки зрения. Производство сои положительно сказывается на устойчивости системы земледелия основных зерновых культур в мире. Во многих странах культивирование сои привело к модификации систем земледелия. Соя, как и другие зернобобовые культуры, при наличии в почве специфических бактерий рода *Bradyrhizobium* образует клубеньки на корнях. Бактерии за счёт углеводов растения фиксируют азот воздуха, а растения получают значительную долю азота, необходимого для роста и развития [143].

При возделывании сои можно ограничить использование синтетических азотных удобрений, при этом минерализация растительных остатков будет благоприятно сказываться на эффективности азотфиксации у последующих культур. Эти преимущества представляются очень важными в системе земледелия. Таким образом, соя является хорошим предшественником для многих культур, не относящихся к семейству Бобовых [119, 208].

Изучение особенностей роста, развития растений и формирования урожая сои необходимо в результате значительного влияния неблагоприятных климатических и погодных условий на данную культуру.

**Соя в Бенине.** Родиной сои является Китай, откуда она распространилась благодаря своим многочисленным агрономическим и питательным преимуществам. В 2021 году соя занимала 130 млн. га с мировым производством 372 млн. тонн. Основными производителями сои являются страны американского континента, на которые приходится 87,2 % мирового производства, за ними следуют Азия с 8,4 % мирового производства, Европа с 3,1 %, Африка с 1,3 % и Океания с 0,01 %. Таким образом, в Африке выращивают около 4,68 млн. га сои, при этом производство составляет 3,25 млн. т/га (FAO, 2021 г.). Некоторые страны, такие как Гана, Египет, добились

прогресса в производстве сои: урожайность зерна в настоящее время достигает 1,65- 3,0 т/га (ФАО, 2021 г.). Урожайность сои варьируется от одного сорта сои к другому и - в зависимости от климатических условий - от одной страны к другой. Так, в Африке на Мадагаскаре средняя урожайность составляет 597 кг/га, а в Египте достигает 3,0 т/га (ФАО, 2021 г.) [231].

Западноафриканское государство Бенин, омываемое на юге Атлантическим океаном (Гвинейским заливом), граничит на севере с Буркиной и Нигером, на востоке с Нигерией и на западе с Того. В Бенине, как и в большинстве слаборазвитых государств, экономика в основном базируется на сельском хозяйстве - наиболее важном для развития экономики и формирования благосостояния и занятости экономическом секторе [252, 261, 264, 263, 276]. В Бенине в сельском хозяйстве занято 60-70 % активного населения, на него приходится 37 % ВВП (валового внутреннего продукта) и до 15 % государственных доходов [258]. В Бенине возделывается кукуруза, рис, сорго, арахис, орехи кешью, ананасы, хлопчатник, маниока, ямс и другие сельскохозяйственные культуры. Однако бенинское сельское хозяйство сталкивается с различными ограничениями, среди которых можно отметить три основных:

- Во-первых, сельскохозяйственная деятельность не в достаточной степени диверсифицирована. В сельскохозяйственном производстве Бенина ведущим сектором является производство хлопка, составляющее 11 % сельскохозяйственного ВВП, от 70 до 80 % экспортных поступлений и 60 % промышленных тканей [220].

- Во-вторых, в сельскохозяйственном производстве отмечается низкая производительность. То есть увеличение производства продовольствия в основном обуславливается не увеличением урожайности культур, а расширением сельскохозяйственных площадей. Так, в течение двадцати лет производство продуктов питания на душу населения при среднегодовом приросте 1,6 % было ниже темпов прироста населения, составляющих 3,5 % в год [246].

- В-третьих, серьёзной проблемой сельского хозяйства Северо-Западного Бенина является изменение климата.

В настоящее время сельское хозяйство страны не использует современные методы и технологии возделывания, которые могли бы разрешить существующие проблемы и ускорить экономическое развитие. Это обуславливает необходимость внедрения инноваций в экономике в целом и в аграрной сфере в частности. Инновационные технологии могут включать новые методы ведения сельского хозяйства, новые сорта, новые способы и инструменты выращивания культур, способы хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, а также новые способы коммуникации и получения информации. Инновации могут устойчиво повышать производительность и доход в сельском хозяйстве.

В целях увеличения доходов и потребительской способности населения, обеспечения его продовольственной безопасности и усиления потока экспортной продукции Бенин в своей «Программе ориентации правительства» [264, 276, 279] и в Стратегическом плане «Развитие сельскохозяйственного сектора» выделил сою как одну из самых приоритетных для производства культур [232]. Таким образом, соя занимает важное место в национальных стратегических приоритетах Бенина.

Соя (*Glycine max* (L.) Merril) выращивается в Бенине почти повсеместно за счёт переработки как на традиционном, так и на промышленном уровне. В этой связи, соя всё больше рассматривается как товарная культура. Она также может служить альтернативой хлопку [205, 273, 281]. Её разнообразное использование в пищу человеком позволяет получать масло, йогурт, сыр, зачастую заменяющий мясо или рыбу в сельской местности, детскую муку, каши, тесто, печенье, пончики, и т.д. Соя потребляется всеми слоями населения [220, 261, 264]. Как правило, в производстве её возделывают в севообороте наряду с другими сельскохозяйственными культурами, что позволяет снижать численность вредителей и заражаемость растений фитопатогенами и повышать урожайность следующего урожая.

За 16 лет с 1999 по 2015 г., как можно видеть из статистических данных Министерства сельского хозяйства, животноводства и рыболовства [229], посевные площади и производство сои увеличивались с 2 200 до 145 134 га и с 1 443 до 157 620 тонн соответственно. В последние годы данная тенденция к увеличению соевого производства наблюдается в Бенине. Так, в 2020 г. посевные площади и производство сои здесь достигли 203 572 га и 253 954 тонн. Повышенный интерес к сое определён её интересными и ценными с агрономической точки зрения свойствами и, в особенности, высокой адаптированностью растений к бенинскому климату. Кроме того, сою можно выращивать во всех регионах, особенно в северном регионе Бенина. Несмотря на все преимущества сои, её производство является затруднительным. Фактические урожайности рекомендованных для этой местности сортов находятся на уровне от 600 кг/га до 1,3 т/га, что намного ниже их потенциальной урожайности, достигающей 3 т/га. В основном это объясняется низкой технологичностью сельского хозяйства и изменением почвенно-климатических условий. По существу, производство сои в Бенине базируется на традиционных методах ведения сельского хозяйства и не способно осуществлять поставки на мировой рынок и составлять конкуренцию крупным мировым производителям. Среди перечисленных проблем можно также выделить некачественный семенной материал в маленьких фермерских хозяйствах. По этим причинам необходимо исследовать возможности улучшения производства сои для повышения её урожайности. Чрезвычайно важным в этом аспекте представляется изучение продукционного процесса растений и внедрение современных технологий производства сои.

В Бенине два (02) типа климата: на юге - экваториальный климат с повышенной влажностью, в центре и на севере - тропический климат. На юге отмечается чередование бездождевых сезонов (с ноября по март и с середины июля до середины сентября) и дождевых сезонов (с апреля по середину июля и с середины сентября по октябрь). В центре и на севере сезон без дождей длится с ноября по апрель, дождевой сезон - с июня по сентябрь. Производство сои в

Бенине сконцентрировано в центре и на севере. Эти регионы сильно пострадали от изменения климата. Температура воздуха составляет от 35-40,5 градусов в апреле и 23-26 в январе. Типы почвы в этих регионах варьируются от латеритных гравийных, каменистых, песчаных и глинистых почв до суглинистых [ 246, 252, 260, 267].

В Бенине используются сорта сои, адаптированные к африканским условиям. Они были выведены в Международном институте тропического растениеводства (International Institute of Tropical Agriculture - ИТА) и Национальном институте сельскохозяйственных исследований Бенина (Institut National des Recherches Agricoles du Bénin - INRAB). Наиболее распространены следующие сорта: ИСПА 25/72 (ISRA 25/72), ИСПА44А/73 (ISRA 44 А/73), Юпитер (Jupiter) и группа сортов ТГХ (TGX). Сорта ИСПА получены из гибридной популяции методом индивидуального отбора, они среднеспелые, масса 1000 семян низкая. У сорта Юпитер (Jupiter) масса 1000 семян низкая или средняя. Максимальная урожайность, достигнутая в опытах, – 2,5 т/га [217, 238].

В рамках наращивания потенциала и возрождения сельского хозяйства направление соевого производства является одним из ключевых звеньев динамичного развития сельскохозяйственного сектора страны.

Представленный обзор литературных источников доказательно показывает, что применение биопрепаратов и регуляторов роста положительно воздействует на рост, развитие, урожайность и качество зерна сои. Сравнительное изучение внедрённых сортов позволяет выявить наиболее результативные для производства сорта.

## **ГЛАВА 2. СХЕМА ОПЫТОВ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

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-подзолистых почвах, при четырехкратной повторности с размещением вариантов методом рендомизированных повторений.

### **2.1 Объекты исследований**

В качестве объекта исследований были взяты сорта сои северного экотипа, детерминантного и индетерминантного типа роста. Растения характеризуются по особенностям роста, окраске цветков, габитусу и архитектонике растений (таблица 1).

### **2.2 Схема опытов**

Исследования направлены на сравнительную оценку сои сортов северного экотипа.

**Опыт 1.** Формирование урожая раннеспелых сортов сои северного экотипа.

Объект исследований – сорта Касатка, Светлая, Малета, Магева, Георгия и Окская, допущенные к производству в Центральном регионе (3).

Почвенно-климатические условия Нечерноземной зоны России благоприятны для производства и получения высоких урожаев сортов сои северного экотипа. Однако, как показывает опыт, в производственных условиях урожай сои нестабильный и значительно ниже потенциальной возможности. Это обусловлено различными причинами, в том числе неблагоприятными погодными условиями: отсутствие влаги, засуха, заморозки, недостаток тепла, солнечного света и прочие. Справиться с этими проблемами возможно с помощью управления производственным процессом.

Таблица 1 - Объекты исследований

Сорт	Срок созревания	Характеристики	
		хозяйственные	Производственные (по данным авторов сорта и государственного сортоиспытания)
Магева	Ранний (раннеспелый) - вегетационный период 83-99 дней	Содержание сырого белка в семенах – 39-42 %, жира – 17-19 %	Растение детерминантного типа роста. Устойчив к засухе, при выпадении за май-август около 150 мм осадков сорт формировал урожай 10-15 ц/га. В фазе всходы - примордиальный лист растения этого сорта выдерживал кратковременное понижение температур воздуха до -2-5 °С. Масса 1000 семян – 141-153 г.
Светлая	Ранний (раннеспелый) - вегетационный период 94-102 дня	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. Средняя урожайность семян 7,3-17,4 ц/га, сухого вещества 18,0-56,3 ц/га. Масса 1000 семян 128 г.
Касатка	Ранний (раннеспелый) с периодом вегетации 76-85 суток	Содержание белка в семенах 27,1-41,4 %, жира 19,1-23,2 %.	Растение детерминантное, промежуточной формы, с рыжевато-коричневым опушением. Боковые листочки овальной формы, светло-зеленые, маленького размера. Цветок фиолетовый. Масса 1000 семян 120,8-130,5 г. Боб коричневый. Семена округло-удлиненные, желтые, рубчик коричневый. Устойчив к полеганию и осыпанию. В отдельные годы созревал на 6-16 дней раньше стандарта. В полевых условиях слабо поражался ржавчиной.

Сорт	Срок созревания	Характеристики	
		хозяйственные	Производственные (государственные испытания)
Георгия	Ранний (раннеспелый) Вегетационный период – 105-109 дней.	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 зависела от места возделывания в годы испытания и составила -52,2-83,9 см.
Малета	Ранний (раннеспелый). Вегетационный период –75-95 дней.	Содержание сырого белка – 40-41 % , жира – 18-19 % .	Растение детерминантного типа роста. Форма растения кустовая, промежуточная. Масса 1000 семян 150-178 г
Окская	Ранний (раннеспелый), период вегетации 84-107 дней.	Содержание сырого белка – 36-40 % , жира – 19-20 % .	Растение индетерминантного типа развития, масса 1000 семян средняя. Форма растения кустовая, промежуточная. За годы конкурсного сортоиспытания на темно - серых лесных тяжелосуглинистых почвах средняя урожайность семян составила 2,1 т/га, максимальный урожай – 2,6 т/га.

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

Органоминеральные удобрения и регуляторы роста представляют собой препараты, которые содержат биологически активные вещества (гуминовые, фульвовые кислоты, аминокислоты, витамины, пептиды, прекурсоры гормонов, энзимы, белки, полисахариды и другие активные соединения, а также микроэлементы).

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.

Почвы опытного участка по гранулометрическому составу дерново-подзолистые, легкосуглинистые, в пахотном слое содержится в среднем от 1,8 до 2,1 % гумуса. Содержание  $P_2O_5$  – 286-288 мг/кг. Содержание калия 79,5 до 101 мг/ кг почвы. Солевой вытяжки рН почв варьирует в пределах 5,5-5,8 (таблица 2).

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/м<sup>2</sup>).

Таблица 2 - Агрохимическая характеристика слоя почвы (0-20 см) опытного участка

Показатель	2019 год	2020 год	2022 год
рН солевой вытяжки	5,5	5,8	5,6
Содержание гумуса, %	2,1	1,8	2,1
Содержание подвижного Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> мг на кг почвы	288	286	287
Содержание обменного К <sub>2</sub> О мг на кг почвы	101	79,5	90,0

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, поэтому перед уборкой применяли десикацию с препаратом Суховей, 1,5 л/га (John Deere 6920+Amazone UF 901). Уборка осуществлялась комбайном «Ростов Сампо 2010». Анализ качества семян проводили с помощью Infratec<sup>TM</sup>1241 Grain analyzer.

### 2.3 Метеорологические условия вегетационных периодов

Формирование количества бобов и семян, их химический состав, содержание белка зависят от географического пояса и климатических факторов. Потребность в воде увеличивается по мере роста растения и достигает максимума при наливе семян (от 7 до 8 мм в день), а затем уменьшается. Чтобы получить хороший урожай, соя должна поглотить от 450 до 800 мм воды на протяжении всего цикла, в зависимости от климата. Когда очень жарко, вода быстро испаряется, поэтому нужно больше осадков, чтобы обеспечить достаточным количеством воды растение сои.

Климат в месте проведения опытов (Полевая опытная станции РГАУ-МСХА), как в части Европейской зоны Российской Федерации, умеренно-

континентальный и характеризуется значительными размахами колебания температуры и влажности. Среднегодовая температура по многолетним наблюдениям составила +5 °С (данные метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона) Июль самый теплый месяц в году со среднемесячной температурой +18,3 °С. В среднем, время с устойчивыми положительными температурами продолжается приблизительно 206-216 дней, из них 120-140 дней без мороза. Годовая сумма осадков в среднем составляет 696 мм.

#### ***Погодные условия 2019 г.***

Весна была поздней с неустойчивым температурным режимом. Апрель оказался холодным. *Посев проводили 6 мая.* Среднесуточная температура в мае на 3-5 °С превышала среднемноголетнюю. В критический период цветения и образования плодов (14.06-30.06.) осадки выпадали только в 3-й декаде июня, температура была выше нормы. Среднемесячная температура воздуха в июле на 1,6 °С ниже нормы, месячная сумма осадков на 27 мм ниже нормы. На посевах отмечалось преждевременное пожелтение и засыхание листьев. Во 2-й и 3-й декаде августа теплая и сухая погода ускорила созревание (рисунок 3 и 4).

#### ***Погодные условия 2020 г.***

Погодные условия 2020 года сложились неблагоприятно на период посева из-за избытка влаги в почве, *посев сои удалось провести только 28 мая.* Количество осадков в июне и июле превысило норму на 160 и 98 % соответственно. Развитие растений в критический период (цветения и образования плодов) очень важно для формирования будущего урожая. В условиях Нечерноземной зоны период налива семян - созревания также можно считать критическим периодом, поскольку в данном регионе растения сои могут не созреть, если стоит холодная погода. В августе сумма осадков на 38 мм ниже нормы. Окончание стадии налива семян, а также созревание отмечались в сентябре, когда средняя за месяц температура воздуха

составила 14,0 °С. Такая температура ниже биологического минимума для созревания сои. Условия для уборки сои оказались тяжелыми (рисунок 3 и 4).

### ***Погодные условия 2022 г.***

Май характеризовался неустойчивым типом погоды. Среднемесячная температура воздуха оставалась на уровне 10,6 °С. *Посев сои проводили 25 мая.* Среднесуточная температура в июне и июле значительно превысила норму (рисунок 3, 4). В критический период цветения и образования плодов (05.07 - 06.08.) осадки выпадали неравномерно. В августе наступила абсолютная засуха, когда осадки не выпадали, а среднесуточная температура была значительно выше нормы. Периоды роста бобов и налива семян проходили в экстремально стрессовых условиях. Аномально сухая погода в сочетании с острым дефицитом влаги в почве была крайне неблагоприятной для формирования урожая сои. Состояние посева сои в период роста бобов и налива семян ухудшилось из-за повреждения засухой, отмечалось пожелтение и засыхание растений, засыхание незрелых бобов. В сентябре отмечалась холодная и дождливая погода, что осложнило уборку сои.

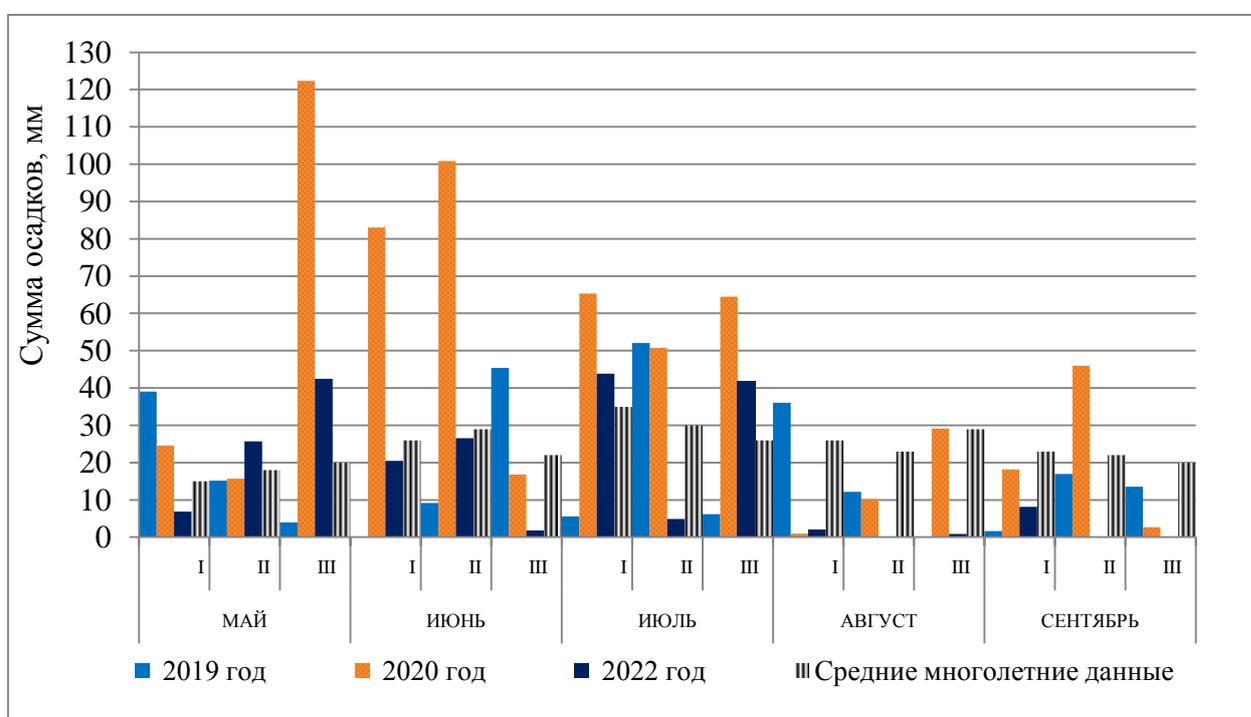


Рисунок 3 - Сумма осадков вегетационного периода сои в годы исследований в (2019-2022 гг.), мм

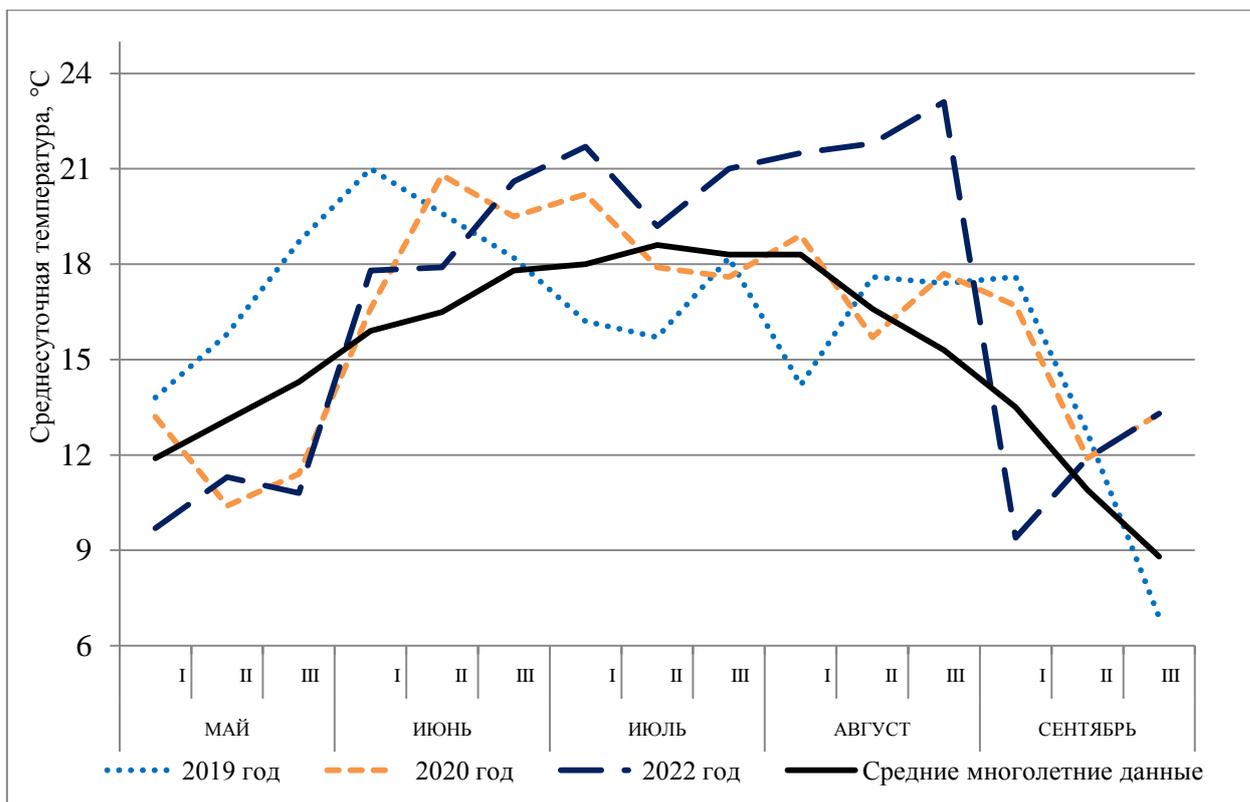


Рисунок 4 - Среднесуточная температура вегетационного периода сои в годы исследований в (2019-2022 гг.), °С

По формуле Селянинова мы определили ГТК в годы исследований (таблица 3).

Таблица 3 - Гидротермический коэффициент, сумма активных температур и сумма осадков в годы исследований

2019 г.		2020 г.		2022 г.	
Сумма активных температур/ сумма осадков	ГТК	Сумма активных температур/ сумма осадков	ГТК	Сумма активных температур/ сумма осадков	ГТК
20100	0,76	1723	3,45	1954	0,97
160		594		190	

2019 г. засушливый; 2022 - очень засушливый и жаркий с экстремальной засухой в августе; 2020 г. очень влажный. Если в 2019 г. в августе стояла теплая и сухая погода, что ускорило созревание растений, то в 2020 г. 3 недели в августе наблюдалась влажная погода, что приводило к

затягиванию созревания растений сои. В 2022 г. в августе практически не выпадали осадки, и растения сои засыхали.

## **2.4 Методика проведения исследований**

Реализация исследования и все процессы, взаимосвязанные с ним, а именно фенологические наблюдения, учеты, лабораторные анализы отвечают требованиям методики полевого опыта. Всхожесть и энергию прорастания семян определяли по ГОСТ 12038-84, влажность семян – по ГОСТ 12041-82, массу 1000 семян – по ГОСТ 13586-5. Определение химических элементов в почве:  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011),  $pH_{KCl}$  (ГОСТ 26483–85); содержание гумуса по методу Тюринга в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91)

Учеты и наблюдения в опытах:

1. Густоту стояния растений определяли в фазу полных всходов, при взятии растительных проб и перед уборкой путем подсчета растений на учетных площадках  $0,25 \text{ м}^2$  в четырехкратной повторности для каждой делянки (Доспехов Б.А., 1985).

2. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проводились на пробных площадках на каждой делянке. Во время наблюдений обозначали полное наступление (даты) основных фаз развития растений, что отражено в таблицах.

Образцы для биометрических анализов, состоящие из 10 растений со всех делянок каждой повторности отбирались в микрофазы, обозначающие границы периодов формирования урожая. 1). Начало цветения: раскрытие нижнего цветка на растениях. 2). Окончание цветения: образование завязей плодов на верхнем ярусе. 3). Окончание периода роста плодов: выполненные плоды на верхних узлах растений. 4). Окончание периода налива семян: пожелтение плодов, семена приобретают консистенцию сыра, листья желтеют и опадают.

3. Площадь листьев определяли, указывая фазу (микрофазу). Площадь листьев (Индекс листовой поверхности (ИЛП)) определяли на

фотопланиметре Li-3100 и рассчитывали как произведение суммарной площади зеленых листьев растения на густоту стояния растений по формуле:

$$\text{ИЛП} = (S \times m \times k) / (N \times 10000),$$

Где: S - средняя площадь одного грамма, см<sup>2</sup>;

m - масса листьев со всех растений пробы, г.;

k - количество растений на квадратном метре, шт.;

N - количество растений в пробе, шт.

В это же время осуществляли измерение высоты растений, нарастание зеленой массы и содержание сухого вещества. Нарастание сухой массы растений рассчитывали, зная сырую массу растений и содержание в них сухого вещества в % по ГОСТ 31640-2012.

Фотосинтетический потенциал (ФП) определяли по отдельным периодам вегетации по методике А. А. Ничипоровича. Фотосинтетический потенциал (ФП) определяли за отдельные периоды и в целом за период вегетации по формуле:

$$\text{ФП} = S_{\text{ср}} \times t$$

$$S_{\text{ср}} = 0,5 (S_1 + S_2),$$

где: S<sub>1</sub> – площадь листьев в начале периода;

S<sub>2</sub> – то же в конце периода;

S<sub>ср</sub> – средняя площадь листьев за период;

t – период в сутках.

Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и продуктивность работы листьев рассчитывали по формулам Кидда, Веста и Брикса:

$$\text{ЧПФ} = (2(m_2 - m_1)) / ((S_1 + S_2) \cdot T),$$

где ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза, г/м<sup>2</sup> в сутки;

m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub> – сухая масса надземных органов растения в начале и конце учитываемого периода, г;

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> – площадь листьев в начале и в конце учитываемого периода, см<sup>2</sup>;

T – период времени между отборами проб, суток.

4. Учет компонентов структуры урожая осуществляли по общепринятым методикам.

5. Урожай семян определяли методом сплошного учета путем приведения к 100 % чистоте и стандартной 14 % влажности: сразу после уборки урожая семена с учетной площади каждой делянки взвешивали и после взвешивания отбирали единичные пробы семян массой 0,5 кг для определения влажности и сорности. Урожай приводили к 100 %-й чистоте и к стандартной (14 %) влажности чистых семян по общепринятой методике.

6. Экономическая эффективность возделывания сортов сои и с применением препаратов, регуляторов роста и органоминеральных удобрений рассчитана с учетом общепринятых рекомендаций по технологии производства сои [2, 84, 88, 142].

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) [56, 65] с применением лицензионных математических программных пакетов для ПЭВМ: «Microsoft Excel».

## ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ

### 3.1 Объект исследований

В качестве объекта исследований выбраны сорта сои северного экотипа, созданные на Рязанской опытной станции (в настоящее время – структурное подразделение ВИМ) по разработанной профессором Посыпановым Г.С. модели и под его руководством: *Магева*, *Светлая*, *Касатка*, *Малета*, *Георгия*, *Окская*. В числе авторов Посыпанов Георгий Сергеевич, Гуреева Мария Павловна и другие селекционеры этого учреждения. Г. С. Посыпанов пишет: «Осенью 1987 г. был сдан в госсортсеть для испытания первый сорт сои северного экотипа **Магева**. Заявка № 8801290» [142]. Указанные сорта в настоящее время включены в Государственный реестр селекционных достижений и допущены к производству в ряде регионов РФ, в том числе в Центральном. В наших исследованиях в списке сортов Магева стоит на первом месте, как стандарт.

### 3.2 Густота стояния растений

Густота стояния растений является важным фактором, регулирующим фотосинтетическую деятельность, формирование урожая и его величину у сортов сои. Это показатель определяет состояние посевов. Период от посева до появления всходов весьма важен в развитии растений сои. Норма высева изучаемых сортов составляла 500 тыс. всхожих семян на гектар (50 семян/м<sup>2</sup>). Для посева использовались семена со 100 % сортовой чистотой. Лабораторная всхожесть находилась в пределах 90-92 %.

Густота стояния растений перед уборкой представлена в таблице 4.

В наших исследованиях показатели густоты всходов отличались по годам исследований. Это связано с погодными условиями вегетационных сезонов каждого года. В 2020 году из-за погодных условий посев проводили 28 мая, после посева шли сильные ливни, что снизило полевую всхожесть, особенно у ультраскороспелого сорта Касатка — 430 тыс. всходов на га и раннеспелого сорта Светлая – 420 тыс. всходов на га. Показатели густоты у

других раннеспелых сортов составили 450 – 460 тыс. /га. Густота перед уборкой показана в таблице 4

Таблица 4 - Густота стояния растений сортов сои перед уборкой, шт/ м<sup>2</sup>

Сорта	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Магева	42	46	42	43
Светлая	45	42	39	42
Касатка	45	43	40	43
Малета	47	46	40	44
Георгия	47	45	37	43
Окская	47	46	41	45
НСР <sub>05</sub>	3,04	1,59	2,63	-

В 2022 году, как и в 2020 году, посев из-за погодных условий провели только 25 мая. Первая и вторая декады мая оказались холодными, среднесуточная температура была ниже 10 °С, после посева выпало большое количество осадков. Постепенное нарастание температуры в первой декаде июня способствовало появлению дружных всходов. Засушливые погодные условия 2-й - 3-й декад июля и до конца августа оказали существенное влияние на густоту стояния растений перед уборкой.

### 3.3 Фенологические наблюдения

Чтобы практиковать эффективное управление продукционным процессом, сельскохозяйственные производители могут полагаться на несколько понятий, связанных с биологией сельскохозяйственных культур, которые помогут выбрать наилучшие доступные им возможности. Среди этих понятий фенология (изучение взаимосвязи между развитием растений и факторами окружающей среды) позволяет лучше ориентировать полевые мероприятия, определяя критические стадии развития растений в соответствии с различными метеорологическими параметрами.

Фенологические наблюдения за развитием растений сортов сои показаны в (таблице 5).

Таблица 5 - Даты наступления основных стадий развития

Фаза	Сорта сои					
	2019 г					
	Магева	Светлая	Касатка	Малета	Георгия	Окская
Посев	06/V	06/ V	06/V	06/ V	06/V	06/ V
Всходы	17/ V	17/ V	17/ V	17/ V	17/ V	17/ V
Начало цветения	17/ VI	13/ VI	13/ VI	15/ VI	17/ VI	17/ VI
Конец цветения	15/ VII	11/VII	11/ VII	13/ VII	16/ VII	17/ VII
Выполненные бобы	30/ VII	26/ VII	26/ VII	28 /VII	31 /VII	01/VIII
Налив семян	14/ VIII	9/ VIII	9/ VIII	11/ VIII	15/ VIII	16/ VIII
Созревание	30/ VIII	20/ VIII	20/ VIII	24/ VIII	27/ VIII	02/IX
-	2020 г					
Посев	28/ V	28/ V	28/ V	28/ V	28/ V	28/ V
Всходы	11/ VI	11/ VI	11/ VI	11/ VI	11/ VI	11/ VI
Начало цветения	17/ VII	10/ VII	10/ VII	13/ VII	13/ VII	17/ VII
Конец цветения	16/ VIII	08/ VIII	08/ VIII	11/ VIII	11/ VIII	17/ VIII
Выполненные бобы	29/ VIII	21/ VIII	21/ VIII	25/ VIII	25/ VIII	31/ VIII
Налив семян	8 IX	31/ VIII	31/ VIII	01/ IX	5 IX	12 IX
Созревание	25 IX	16/ IX	16/ IX	18/ IX	20/ IX	25/ IX
-	2022 г					
Посев	25/V	25/V	25/V	25/V	25/V	25/V
Всходы	05/ VI	05/ VI	05/ VI	05/ VI	05/ VI	05/ VI
Начало цветения	12/ VII	05/ VII	05/ VII	09/ VII	08/ VII	12/ VII
Конец цветения	05/ VIII	28/ VII	28/ VII	30/ VII	31/ VII	06/ VIII
Выполненные бобы	15/ VIII	08/ VIII	08/ VIII	10/ VIII	11/ VIII	16/ VIII
Налив семян	23/ VIII	15/ VIII	15/ VIII	17/ VIII	18/ VIII	24/ VIII
Созревание	31/ VIII	24/ VIII	24/ VIII	26/ VIII	27/ VIII	31/ VIII

В 2019 г. сразу после посева прошли дожди, но не сильные и потом стояла сухая погода, в результате чего появление всходов затягивалось. В

2020 г. после посева прошли сильные дожди, что привело к образованию почвенной корки, в результате чего появление всходов задерживалось.

С появлением всходов начинаются стадии вегетативного развития, когда семядоли и первая пара примордиальных листьев на первом узле полностью проявились. В дальнейшем тройчатые листья могут развиваться на всех последующих узлах. Именно во время вегетативной фазы на главном стебле развиваются веточки и боковые побеги, будет расти корневая система, на корнях формируются клубеньки с бактериями вида *Rhizobium*, обеспечивающие в симбиозе с растением азотфиксацию [33, 93, 103, 186]. Фенологические наблюдения позволяют определить продолжительность отдельных периодов онтогенеза и в целом вегетации сортов (таблица 6).

В 2020 г. всходы из-за почвенной корки появились на 3 дня позднее, чем в 2019 и 2022 годах. Как следует из данных таблицы 6, до фазы 1-ый настоящий тройчатый лист растения сортов сои развивались приблизительно с одинаковой интенсивностью, с фазы цветения стали наблюдаться довольно заметные различия. Первыми сортами, вступившими в генеративный период, были Касатка и Светлая, затем сорта Малета, Георгия, Магева и Окская. В этой же последовательности наступили стадии налива семян и полной спелости. Продолжительность периода цветения и образования бобов у сортов была примерно одинаковой, составив в 2019 и 2020 г. 28-30 дней, в 2022 г. - 21-26 дней. Наименьший период «выполненные бобы – налив семян» отмечался в засушливом 2022 г. и составил всего 7-8 дней, на 6-8 дней меньше, чем в 2019 г. и 2020 г.

В целом, наименьшая длительность вегетационного периода отмечались у раннеспелых сортов Касатка и Светлая– 106 дней в 2019 году, 110 дней в 2020 г. и 91 дней в 2022 г.

Таблица 6 - Продолжительность периодов развития, дни

Фаза	Сорта сои					
	2019 г					
	Магева	Светлая	Касатка	Малета	Георгия	Окская
Посев – всходы	11	11	11	11	11	11
Всходы – начало цветения	29	27	27	29	28	31
Начало–конец цветения	28	28	28	28	29	30
Конец цветения – выполненные бобы	15	15	15	15	15	15
Выполненные бобы – налив семян	15	14	14	14	15	15
Налив семян - созревание	16	11	11	13	12	17
Всходы – созревание	105	95	95	98	100	106
Посев – созревание	116	106	106	109	111	117
-	2020 г					
Посев – всходы	14	14	14	14	14	14
Всходы – начало цветения	36	29	29	32	32	36
Начало–конец цветения	29	28	28	28	28	30
Конец цветения – выполненные бобы	13	13	13	14	14	14
Выполненные бобы – налив семян	13	10	10	14	13	14
Налив семян - созревание	17	16	16	17	18	15
Всходы – созревание	106	96	96	105	101	109
Посев – созревание	122	110	110	119	119	123
-	2022 г					
Посев – всходы	11	11	11	11	11	11
Всходы – начало цветения	37	30	30	34	33	37
Начало–конец цветения	24	23	23	21	23	26
Конец цветения – выполненные бобы	10	11	11	11	11	10
Выполненные бобы – налив семян	08	07	07	07	07	08
Налив семян - созревание	08	09	09	09	09	07
Всходы – созревание	87	80	80	82	83	88
Посев – созревание	98	91	91	93	94	99

Все сорта в 2019 г. и 2022 г. созревали практически в августе. В 2020 г. соя не вызревала из-за недостатка тепла в конце вегетации, перед уборкой проводили десикацию посевов. В 2022 году период цветения был на 4-7 дней меньше чем, в 2019 г. и 2020 г.

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. Эти сорта созревали на 8-13 дней раньше, чем наиболее поздний сорт Окская, а также Магева. Сорта Малета и Георгия занимали промежуточное положение. Итак, по устойчивости прохождения всех этапов производственного процесса и по стабильности созревания в условиях Центрального региона на фоне изменения климата сорта Касатка и Светлая превосходят сорта Магева Малета, Георгия, и Окская.

### 3.4 Динамика роста растений сои

Российский ученый К. А. Тимирязев, выделяя отличительные черты растений, отмечал, что они растут всю жизнь. Рост растений принято анализировать как один из важнейших процессов их развития, отображающий внутренние процессы жизнедеятельности растений. Высота растений сои отражает технологичность, возможность применять механизацию, поскольку высота растений каждого сорта сои коррелирует с высотой прикрепления нижнего боба и продуктивностью. Известно, что при низкой высоте прикрепления нижнего боба потери урожая возрастают.

В наших исследованиях сорта северного экотипа различались по высоте растений (таблица 7).

Таблица 7 - Высота растений сортов сои, см

Сорта	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Средняя по годам	НСР <sub>05</sub>	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 <sub>05</sub>	3,20	9,73	3,92	-		
V%	21,1	16,5	14,0	14,2		

\* V% - коэффициент вариации.

Позднеспелый сорт Окская и среднеспелый Георгия существенно отличались по высоте растений от более скороспелых 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.

Наименьшая вариабельность роста растений по годам у позднего сорта Окская и наиболее скороспелого сорта Касатка. Данные полевого опыта доказывают значительное влияние погодных условий на показатели роста у сои, что согласуется с исследованиями и выводами ряда авторов [34, 42, 74].

### **3.5 Элементы семенной продуктивности и урожайность семян**

Известно, что для анализа урожайности сельскохозяйственных культур важнейшими показателями являются элементы структуры урожая.

Если растения испытывают недостаток влаги или отмечаются другие неблагоприятные факторы, цветки и завязи опадают, клубеньки плохо образуются и функционируют, урожай резко снижается [33, 34, 210, 214, 218].

В засушливые годы (2019, 2022) все изучаемые сорта сформировали мало бобов и семян на 1 м<sup>2</sup>. (таблица 8).

По числу бобов на м<sup>2</sup> в 2019 г. только Георгия и Окская существенно превосходили Магеву и другие сорта. В 2020 г. Георгия, Окская, а также Магева не отличались по числу бобов и существенно превосходили другие сорта. В 2022 г. отличия по числу бобов у сортов Магева, Светлая, Георгия и Окская были в пределах НСР, только Касатка и Малета существенно отличались от них в меньшую сторону.

В среднем *по сортам* коэффициент вариации в 2 раза ниже, чем в среднем *по годам*. Различия вариабельности по числу семян на м<sup>2</sup> меньше, чем по числу бобов, что предполагает существенную изменчивость массы 1000 семян. Что касается отдельных сортов, то изменчивость числа бобов и семян на м<sup>2</sup> варьировала по сортам в широких пределах. Наименьший коэффициент вариации у сорта Светлая.

Таблица 8 - Элементы структуры урожая сортов сои

Сорта	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Средняя по годам	V%
Число бобов, шт/ м <sup>2</sup>					
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 <sub>05</sub>	142	155	117	-	
V%	27,2	17,9	13,4	13,3	
Число семян, шт/ м <sup>2</sup>					
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 <sub>05</sub>	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 <sub>05</sub>	18,5	27,6	10,2	-	
V%	16,8	15,3	11,0	12,6	

На каждом растении в среднем в 1 бобе формировалось от 1 до 2 семян. Высота прикрепления нижнего боба в годы исследования составила 7,5-15,4

см. Наибольший показатель высоты прикрепления нижнего боба был у сорта индетерминантного типа развития Георгия в 2020 г. (приложение Д).

В производстве важно учитывать не только урожайность, но и другие факторы (площади, масса семян, наличие техники, метеоусловия), которые считаются значимыми в рассматриваемой сельскохозяйственной ситуации. Это также относится к показателям оценки эффективности данной культуры по сравнению с урожаем, полученным в других условиях или при использовании других методов или сортов. Урожайность сортов представлена в (таблице 9).

Таблица 9 - Урожайность семян, т/га

Сорта	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Средняя по годам	НСР <sub>05</sub>	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 <sub>05</sub>	0,39	0,49	0,24	-		
V%	31,5	13,0	10,3	11,8		

Коэффициент вариации массы 1000 семян в среднем по сортам и по годам практически одинаков – 12,6 и 13,1 %. Наиболее высокий коэффициент вариации отмечен в 2019 г., в 2022 г. на 35 % меньше. Наиболее высокая масса 1000 семян наблюдалась у сорта Малета (на 29 г больше средней по сортам), наименьшая у самого скороспелого сорта Касатка (на 13 г меньше средней). Характерно, что масса 1000 семян в 2020 г. у большинства сортов была на уровне 2019 г. Однако у наиболее рано созревающих сортов Касатка и Светлая она повысилась соответственно на

26 и 21 %. Таким образом, благоприятные погодные условия в период налива семян могут частично исправить негативное действие погодных условий на формирование урожая в предшествующие этапы онтогенеза.

Урожайность сортов сои в засушливые годы (2019, 2022 гг.) отличалась по-разному. Как правило, сухие и жаркие погодные условия в начале вегетационного периода негативно влияли на урожайность сортов детерминантного типа развития, которые после перехода в генеративную стадию больше не растут. У этих сортов отмечены низкая высота растения, малое количество продуктивных узлов и, как следствие, низкая урожайность. Когда засуха отмечается во второй половине вегетационного периода, большему ущербу подвергаются сорта средних и поздних сроков созревания. В этом случае в 2022 г. наблюдалось снижение сохранности бобов и засыхание на корню зеленых бобов. В результате урожайность сортов Георгия и Малета в 2022 г. оказалась на 33 и 36 % ниже урожайности в 2019 г. Большое снижение урожайности в 2022 г. отмечено также у сорта Окская – на 77 % по сравнению с 2019 г. У растений полудетерминантного типа роста сорта Магева наблюдался прирост урожайности на 32 % в 2022 г. по сравнению с 2019 г.

### **3.6 Сбор белка и жира с урожаем семян**

Погодные условия в значительной степени определяют не только урожайность, но и качество продукции. Качество зависит от сорта, содержания элементов питания в почве, возможностей агротехники, погодных условий. Все эти факторы могут менять его параметры [213, 214].

Влияние погодных условий на содержание белка и жира в семенах сои в % и сбор белка в кг/га отражены в (таблицах 10 и 11).

Наибольшее содержание белка в семенах сои зафиксировано в 2020 г. и составило 40 % - 44,7 % в зависимости от сорта. Напротив, в этом году наблюдалось наименьшее содержание жира - в пределах 16,3 %-20.0 %. В засушливые годы (2019, 2022) зарегистрировано наиболее высокое содержание жира и меньшее содержание белка.

Таблица 10 - 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 <sub>05</sub>	0,87	0,63	0,83	0,60	0,81	0,63	-	-

Таблица 11 - Сбор белка и жира у сортов сои, кг/га

Сорта	2019 г.		2020 г.		2022 г.		Среднее	
	Белок	Жир	Белок	Жир	Белок	Жир	Белок	Жир
Магева	493	206	1444	526	701	323	879	352
Светлая	647	338	1062	518	577	294	762	383
Касатка	429	200	1271	499	508	322	736	340
Малета	741	361	1448	597	428	285	872	414
Георгия	652	378	1618	612	507	273	926	421
Окская	1041	495	1352	535	616	313	1003	448
НСР <sub>05</sub>	131	75,3	208	76,0	101	47,2	-	-

По сбору белка с единицы площади выделяется 2020 год. Наибольшая величина отмечена у сорта Георгия: белок – 1618 кг/га и жир- 612 кг/га. В среднем за 3 года лучшие показатели у позднего сорта Окская. У наиболее скороспелых сортов они были значительно меньше: у сорта Светлая сбор белка и жира на 27 %, у сорта Касатка белка меньше на 33 %, жира на 39 %. У сорта Магева снижение по сравнению с сортом Окская составило по белку 15 %, по жиру 21 %.

## Заключение

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, чем наиболее поздний сорт Окская, а также сорт Магева. Сорта Малета и Георгия занимали промежуточное положение. По устойчивости прохождения всех этапов продукционного процесса и по стабильности созревания в условиях Центрального региона на фоне изменения климата сорта Касатка и Светлая превосходят сорта Магева, Малета, Георгия и Окская.

Стрессовые погодные условия оказывали сильное негативное влияние на формирование компонентов продуктивности и их вариабельность. Изменчивость числа бобов и семян на м<sup>2</sup> варьировала по сортам в широких пределах. Наименьший коэффициент вариации у сорта Светлая.

Коэффициент вариации массы 1000 семян в среднем по сортам и по годам практически одинаков - 12,6 и 13,1 %. Наиболее высокий коэффициент вариации отмечен в 2019 г. Масса 1000 семян в 2020 г. у большинства сортов была на уровне 2019 г. Однако у сортов Касатка и Светлая она *повысилась* соответственно на 26 и 21 %. Таким образом, благоприятные погодные условия в период налива семян могут частично исправить их негативное действие в предшествующие этапы онтогенеза.

Урожайность всех сортов сои в среднем по годам составила 2,09 т/га, у сортов Светлая и Касатка на 12 и 15 % меньше. Высокая урожайность сортов сои отмечена в 2020 г. В среднем по сортам она составила 3,08 т/га. В засушливые годы (2019, 2020) 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 вариабельности 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.

У позднего сорта Окская наиболее высокий сбор белка и жира в среднем за 3 года.

Определено: в условиях Центрального региона при оптимальных сроках посева (первая декада мая) цветение сближается на первую половину лета, и негативное действие низких или высоких температур во второй половине вегетации на элементы продуктивности снижается.

## **ГЛАВА 4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА СОИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Сельское хозяйство является одним из основных секторов, пострадавших от изменения климата. Они представляют реальную угрозу продовольственной безопасности [231]. Изменение климата и действие стрессовых погодных условий на отдельных этапах онтогенеза оказывают негативное действие на формирование компонентов продуктивности и урожайности сои. Такие явления, как засуха, высокие температуры, холод, мороз, ветер или даже недостаток или избыток света влияют на чувствительность растений, что вызывает снижение фотосинтетической активности и влияет на вегетативный и генеративный процесс развития растений [30, 32]. В этой связи, необходимым представляется найти альтернативное решение для повышения урожайности. Использование регуляторов роста и органоминеральных удобрений – это перспективное направление для сельского хозяйства. Регуляторы роста и органоминеральные удобрения направлены на оптимизацию естественных процессов растений для повышения устойчивости к абиотическим стрессам. Действие регуляторов роста и органоминеральных удобрений на растение заключается в оптимизации фотосинтеза, содействии лучшему поглощению и усвоению питательных веществ, повышению устойчивости к абиотическим стрессам, повышению качества и урожайности урожая. Эти регуляторы роста и органоминеральные удобрения, зачастую имеющие естественное (природное) происхождение, позволяют растениям, помимо всего прочего, лучше усваивать питательные вещества, особенно при воздействии стрессовых факторов [57, 60, 61, 62].

Для изучения влияния стимуляторов роста и органоминеральных удобрений на динамику роста и формирование компонентов урожайности в опыте применяли следующие препараты: регуляторы роста Эпин-Экстра, Р; Циркон, Р и микроудобрение жидкое Силиплант марка Универсальный и

орга̀но-минеральное жидкое удобрение “ЭкоФус” Таким образом, варианты опыта в годы исследования были следующими:

Контроль (обработка водой);

- Эпин-Экстра, Р (40 мл/га);

-Циркон, Р (20 мл/га);

- Силиплант (1 л/га);

- “ЭкоФус” (3 л/га).

Расход рабочей жидкости составляет (200 л/га) для регуляторов роста и (300 л/га) для органоминеральных удобрений. 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.

Объект исследований – раннеспелый сорт *Касатка*. Норма высева 500 тыс./га всхожих семян (50 семян/м<sup>2</sup>).

Рост и развитие растений главным образом зависят от особенностей сорта и почвенно-климатических условий выращивания [36, 93, 212]. После появления всходов и до начала цветения отмечался период вегетативного роста, который длился 29-30 дней. Однако вегетативный рост продолжается и в последующий период - одновременно с цветением и образованием плодов. Обычно после окончания цветения в верхнем ярусе рост растений в высоту прекращается, то есть данный показатель достигает максимального за вегетацию уровня, тогда как рост боковых ветвей продолжается. Сорт Касатка по стабильности прохождения всех этапов продукционного процесса устойчиво созревает в условиях Центрального региона. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений позволит реализовать его возможный потенциал.

#### **4.1 Густота стояния растений**

Известно, что урожайность сельскохозяйственных культур тесно связана с числом растений на единице площади. Этот важный показатель

формирования урожая может изменяться в процессе вегетации из-за действия неблагоприятных факторов, связанных с погодными условиями, а также за счёт поражения растений болезнями и вредителями [30, 96, 157, 182]. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений способствует достижению поставленных целей повышения урожайности при сохранении хорошего состояния окружающей среды.

В наших опытах регуляторы роста и органоминеральные удобрения применялись в течение вегетационного периода. Поэтому показатели густоты всходов в отдельные годы не отличались существенно по вариантам. В 2020 г. густота всходов меньше, чем в другие годы. В этом году после посева прошли ливневые дожди, что негативно повлияло на полевую всхожесть семян. Различия между вариантами, обусловленные применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений, проявились к уборке (таблица 12, рисунок 5).

Перед уборкой варианты с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями существенно отличались от контроля по густоте и выживаемости растений. В 2020 г. и в 2022 г. выживаемость растений к уборке в вариантах с регуляторами роста и органоминеральными удобрениями превышала контроль на 9-12 %.

Наибольшее значение густоты стояния наблюдалось у вариантов с применением регулятора роста Циркон и органоминерального удобрения Силиплант. В засушливом 2022 г. варианты, обработанные регуляторами роста и органоминеральными удобрениями, существенно отличались по этому показателю от контроля. Однако существенной разницы между вариантами с применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений не наблюдалось. Использование регуляторов роста и органоминеральных удобрений не оказало влияния на продолжительность прохождения фенологических фаз и вегетационного периода в целом (таблица 12 и рисунок 5).

Таблица 12 - Густота стояния растений на м<sup>2</sup>

Варианты	Всходы	Перед уборкой	Выживаемость, %
2019 г			
Контроль	48	45	93,8
Эпин-Экстра	47	45	95,7
Циркон	48	46	95,8
Силиплант	49	47	95,9
ЭкоФус	48	45	93,8
2020 г			
Контроль	43	36	83,7
Эпин-Экстра	43	40	93,0
Циркон	42	40	95,3
Силиплант	41	37	90,2
ЭкоФус	42	38	90,5
2022 г			
Контроль	47	38	80,9
Эпин-Экстра	48	43	89,6
Циркон	48	44	91,7
Силиплант	48	42	87,5
ЭкоФус	47	43	91,5

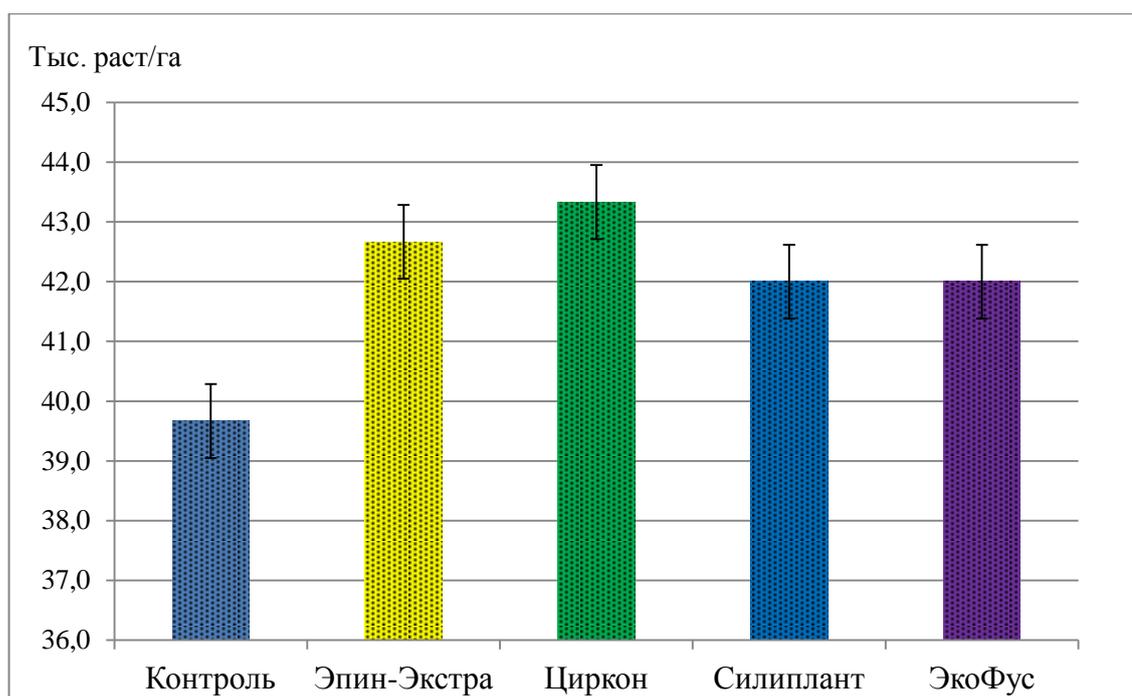


Рисунок 5 - Влияние препаратов на густоту стояния растений сои сорта Касатка (среднее за 3 года), тыс. раст./га

#### 4.2 Высота растений

Исследования ряда ученых показали, что применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений в значительной степени определяет

изменчивость показателей продукционного процесса и вероятность реализации генетического потенциала сортов сои [17, 36, 73, 148, 151].

В таблице 13 представлены результаты измерения высоты растений перед уборкой.

Таблица 13 - 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 <sub>05</sub>	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.

Различия между вариантами наблюдались при использовании в форме органоминеральных жидких удобрений. Наиболее высокорослые растения сформировались в вариантах с обработкой ЭкоФусом в 2019 г. и 2020 г. В 2022 г. различия между вариантами с обработкой Силиплантом и ЭкоФусом не отмечены, при этом высота растений в этих вариантах существенно отличалась от контроля. Наибольшая высота растений отмечена в 2020 г. Исходя из данных таблицы можно отметить, что при благоприятных погодных условиях (2020 г.) регуляторы роста и органоминеральные удобрения оказывают более выраженное положительное влияние на ростовые показатели растений сои.

### **4.3 Фотосинтетическая деятельность посевов сои**

Урожай культуры, сорта формируется в процессе фотосинтетической деятельности растений в полевых условиях под влиянием факторов внешней среды, в том числе погоды. Посев (агроценоз) анализируется как сложная динамическая фотосинтезирующая система, меняющая свои параметры во времени [102].

В развитии растений в посевах, кроме первого (посев – всходы), есть еще один период, когда фотосинтез отсутствует. Это конечный период – созревание. Он наступает после окончания налива семян, когда их влажность еще высока, а листья желтеют и часто опадают [32].

Использование регуляторов роста и органоминеральных удобрений направлено на оптимизацию развития растений, чтобы гарантировать их жизнеспособность и развитие в случае абиотического стресса. Так, производитель должен действовать с опережением неблагоприятных климатических условий или тогда, когда растение находится не в оптимальном состоянии [39, 40, 104].

#### **4.3.1 Накопление биомассы в фазе выполненных бобов и динамика среднесуточного прироста сухой биомассы**

Нарастание надземной массы растениями является существенным доказательством жизнедеятельности растений на всех этапах их развития. Интенсивность нарастания сухой биомассы в течение периода вегетации сои сорта Касатка определяется как его биологическими особенностями, так и меняющимися погодными факторами. Период цветения и образования плодов занимает 14-30 дней. Это напряженный (критический) период в формировании урожая. В этот период высокими темпами нарастают листовая поверхность и биомасса. В завершении этого периода часто отмечается максимальная за вегетацию площадь листьев и определяется важнейший показатель, формирующий величину будущего урожая, – число плодов в расчете на одно растение и на единицу площади. Если в данное время растения испытывают недостаток влаги или наблюдаются другие

неблагоприятные факторы, цветки и завязи опадают, клубеньки плохо формируются и функционируют, урожай резко понижается. Агротехнические мероприятия не смогут значительно увеличить урожай, если в этом периоде завязалось мало плодов. Чрезмерное разрастание вегетативной массы в это время также неблагоприятно для формирования высокого урожая семян [32, 42, 43].

Одной из задач проведенных опытов является изучение динамики накопления сухой биомассы растениями сои в зависимости от применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений. Максимальная за вегетацию сырая биомасса наблюдалась в фазу выполненных бобов на верхнем ярусе растений. Для этого в этой фазе вегетации отбирали растительные пробы по вариантам опыта и определяли их сырую и сухую массу. Результаты исследований представлены в таблице 14 и рисунке 6.

Таблица 14 - Сырая биомасса, т/га

Варианты	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Контроль	7,2	24,6	7,6	13,1
Эпин-Экстра	9,7	27,9	9,8	15,8
Циркон	10,5	32,6	10,4	17,8
Силиплант	8,4	30,1	10,5	16,3
ЭкоФус	8,7	28,9	10,5	16,0
НСР <sub>05</sub>	1,22	4,20	2,33	-

По сравнению с другими годами у контрольного варианта в 2020 году отмечался наибольший показатель сырой массы растений, и он составил 242 % и 224 % от величины сырой массы в 2019 г. и 2022 г. В 2020 году вариант с применением регулятора роста Циркон отличался от варианта с обработкой Эпином-Экстра по величине накопления сырой массы. Эта тенденция также отмечалась у варианта с использованием Силипланта, где сформировалась наибольшая по сравнению с ЭкоФусом сырая масса.

Исходя из этих данных, мы можем сделать вывод о том, что погодные условия оказывали значительное влияние на прирост биомассы растений сои. В 2019 и 2022 гг., складывались неблагоприятные для развития растения погодные условия. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений существенно повлияло на динамику накопления сырой и сухой массы растений сои в годы исследования.

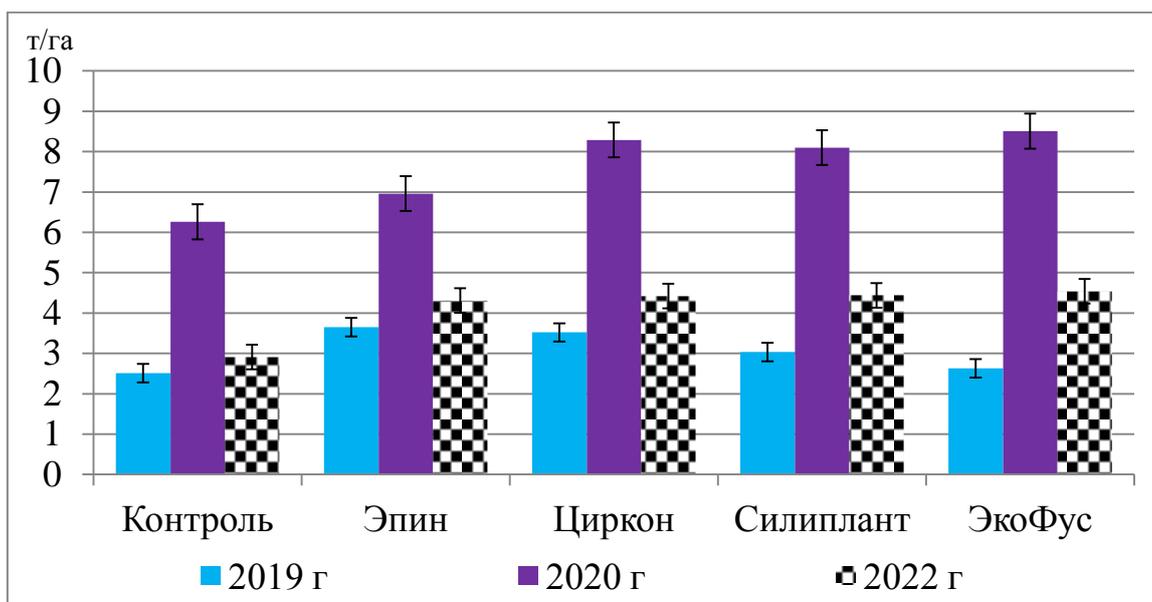


Рисунок 6 - Накопление сухой массы в фазе выполненных бобов, т/га

По данным Гатаулиной Г.Г., Заренковой Н.В., Никитиной С.С., наиболее интенсивное нарастание биомассы происходит в периоды цветения, образования и роста плодов. Индекс листовой поверхности (ИЛП) в период роста плодов уже начинает снижаться за счет пожелтения и усыхания нижних листьев [32]. Наши исследования подтверждают эти выводы, в то же время, позволяя нам их уточнить. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений играло большую роль в накоплении биомассы растениями сои. Максимальная величина сырой биомассы отмечалась в фазу выполненных бобов в годы исследования. Если сравнивать величину этого показателя в разные годы, то наиболее высокой она наблюдалась в 2020 году у вариантов с применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений. Существенные различия между этими вариантами не отмечались, но они значительно отличались от контроля.

Такая же тенденция прослеживается и в отношении величины сухой массы. Наименьшая величина сырой и сухой массы в годы исследования зарегистрирована в контроле.

Многие зарубежные исследователи при анализе факторов, влияющих на уровень урожайности сои и её стабильность, придают большое значение показателю Crop growth rate (скорость роста сухой биомассы) [226]. Фактически это среднесуточный прирост сухой биомассы растений за определенные периоды и в целом за вегетацию.

В первый период от появления всходов до цветения со средней продолжительностью 40 дней растения постепенно наращивают листовую поверхность и биомассу. Уровень среднесуточных приростов в этот период во всех вариантах значительно ниже по сравнению с последующими периодами. Однако можно заметить, что среднесуточные приросты сухой биомассы в 2020 г. в 2-3 раза выше, чем в 2019 г. Это связано с тем, что в 2019 году в этот период отмечался дефицит влаги, так как уровень выпадения осадков в июне и июле оказался на 30 % ниже среднемноголетней нормы. При этом в отдельные периоды осадки не выпадали совсем, а среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнюю, что привело к пожелтению и опаданию листьев и цветков. Аналогичные результаты получены в засушливом 2022 г. В среднем за вегетацию среднесуточный прирост сухой биомассы у сои в 2020 году в 2- 2,5 раза больше, чем в 2019 и 2022 годах (таблица 15).

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 за вегетацию среднесуточные приросты сухой биомассы. Стоит отметить, что, в 2019 году у вариантов с обработкой Силиплантом и ЭкоФусом отмечен наименьший среднесуточный прирост сухой биомассы во время роста плодов.

Таблица 15 - Среднесуточный прирост сухой биомассы, кг/га

Даты	Контроль	Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	ЭкоФус	НСР <sub>05</sub>
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

В 2022 году применение органоминеральных удобрений Силиплант и ЭкоФус оказалось более эффективным по сравнению с 2019 годом. Можно сказать, что обработка растений сои органоминеральными удобрениями в период недостатка влаги и повышения температуры дает меньший эффект по сравнению с регуляторами роста, но применение органоминеральных удобрений до наступления стрессового периода оказывает значительное положительное влияние на рост растений сои.

Таким образом, изучение динамики нарастания сырой и сухой биомассы у сорта сои северного экотипа в зависимости от применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений в разные по погодным

условиям года позволяет сделать следующей вывод: применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений более эффективно, когда их обработка проводится до стрессовых погодных условий (засуха) или когда погодные условия являются наиболее благоприятными для развития растений сои.

#### **4.3.2 Динамика формирования листовой поверхности растений**

Фотосинтез является наиболее важным фактором, определяющим продуктивность посевов. Повышение урожайности за счет воздействия на процесс фотосинтеза всегда было постоянной задачей в растениеводстве. В процессе фотосинтетической деятельности растений происходит накопление органического вещества и энергии зелеными растениями. Чем лучше условия, тем надежнее связь всех биологических функций у растительных организмов и тем выше их продуктивность. Важным показателем оценки состояния посевов как фотосинтезирующей системы являются площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал [131, 132].

Для любой культуры важно найти оптимальный ход образования листовой поверхности для конкретных условий. Поэтому разработчики препаратов рекомендуют их применение в начале цветения, чтобы они могли воздействовать на формирование листовой поверхности [151]. В ходе исследования определялись нарастание сырой массы листьев и облиственность растений в фазах цветения, конца цветения и выполненных бобов. Полученные нами результаты представлены в таблице 16 и на рисунках 7 и 8.

Определено: обработка регуляторами роста и органоминеральными удобрениями в течение вегетационного периода оказывает положительное воздействие на процесс нарастания массы листьев. Прирост массы листьев максимальный в конце цветения. Согласно средним данным, прирост массы листьев оказался максимальным у вариантов с применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений.

Таблица 16 - Сырая масса листьев, т/га

Варианты	Цветение	Конец цветения	Выполненные бобы
2019 г.			
Контроль	1,11	1,68	1,48
Эпин-Экстра	1,37	2,12	2,22
Циркон	1,29	2,18	2,40
Силиплант	1,10	1,63	1,92
ЭкоФус	1,19	2,28	1,92
НСР <sub>05</sub>	0,18	0,31	0,40
2020 г.			
Контроль	5,65	5,41	4,51
Эпин-Экстра	6,85	6,72	5,69
Циркон	7,55	6,86	6,59
Силиплант	6,63	7,09	5,00
Экофус	6,22	7,08	6,20
НСР <sub>05</sub>	0,80	0,91	0,83
2022 г.			
Контроль	1,09	2,34	1,93
Эпин-Экстра	1,33	2,82	2,87
Циркон	1,53	3,16	2,67
Силиплант	1,34	3,16	2,73
Экофус	1,52	3,04	2,72
НСР <sub>05</sub>	0,18	0,49	0,54

В фазе «конец цветения» максимальные масса листьев в вариантах с применением регуляторов роста (Эпин-Экстра и Циркон) и органоминеральных

удобрений (Силиплант и ЭкоФус) превышала массу листьев у контрольного варианта на 23,6; 29,3 и 25,9; 31,4 % соответственно (рисунок 7).

Все варианты с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями показали прибавку в сырой массе листьев во всех фазах развития по сравнению с контролем. В годы с неблагоприятными погодными условиями (перепады температуры) для развития растения сои (2019 г.) максимальная масса листьев в фазе выполненных бобов у вариантов, обработанных регуляторами роста и органоминеральным удобрением Силиплант. Это объясняется тем, что в этих вариантах продолжался рост боковых ветвей. Сорт сои Касатка относится к сортам детерминантного типа развития, главный стебель которых после перехода в генеративную фазу больше не растёт, тогда, как рост боковых ветвей продолжается. Но в годы с неблагоприятными погодными условиями для развития растения сои (2019 г. и 2022 г.) сорт Касатка мало или совсем не образует боковых ветвей.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений оказывает стимулирующее действие на рост массы листьев сои сорта Касатка.

Облиственность растений меняется в процессе вегетации. По облиственности растений в фазе выполненных бобов существенные отличия наблюдались на вариантах с применением препаратов Эпин-Экстра, Циркон и ЭкоФус. У варианта с обработкой Силиплантом облиственность растений находилась практически на одном уровне с контролем (таблица 8). Существенное превышение процента облиственности в опытах указывает на тот факт, что исследуемые препараты Эпин-Экстра, Циркон и ЭкоФус оказывают воздействие на сохранность листьев в жизнеспособном состоянии и продление срока их жизни. Всё это приводит к росту общей площади ассимиляционной поверхности листьев (таблицы 17, 18).

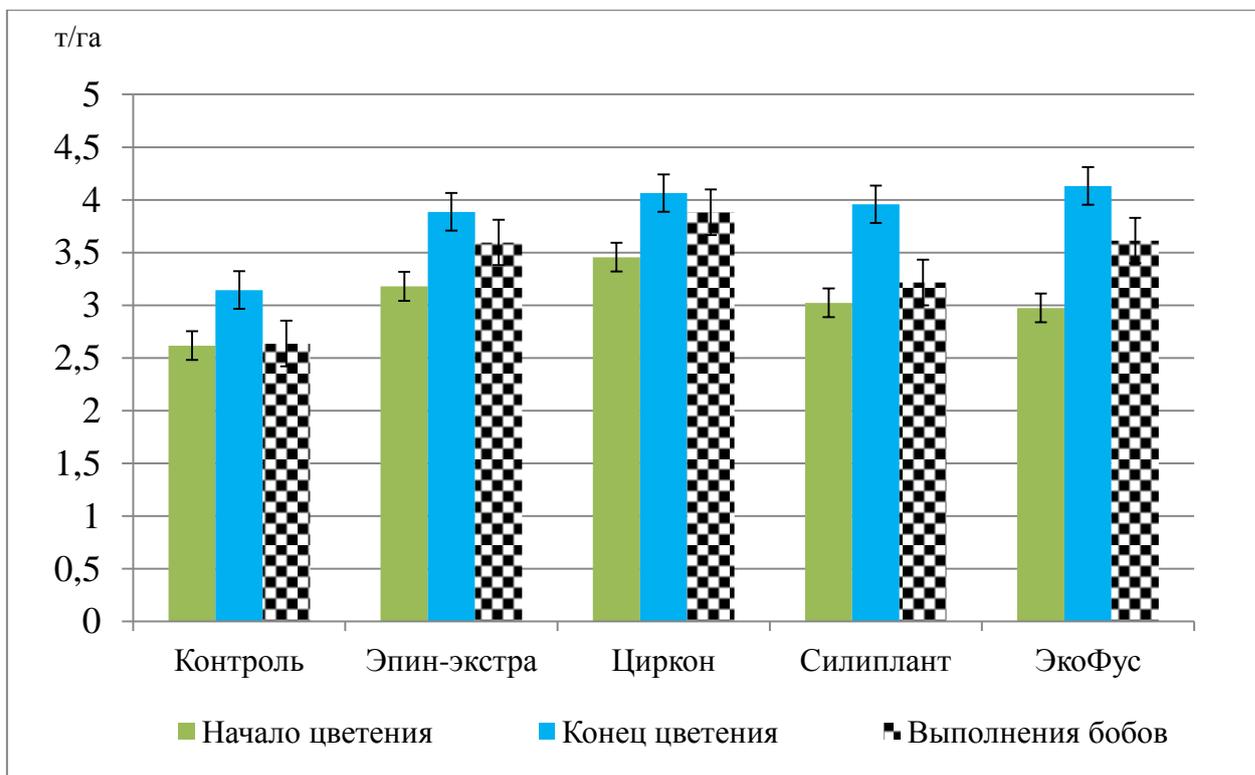


Рисунок 7 - Средняя масса листьев в разные фазы, т/га.

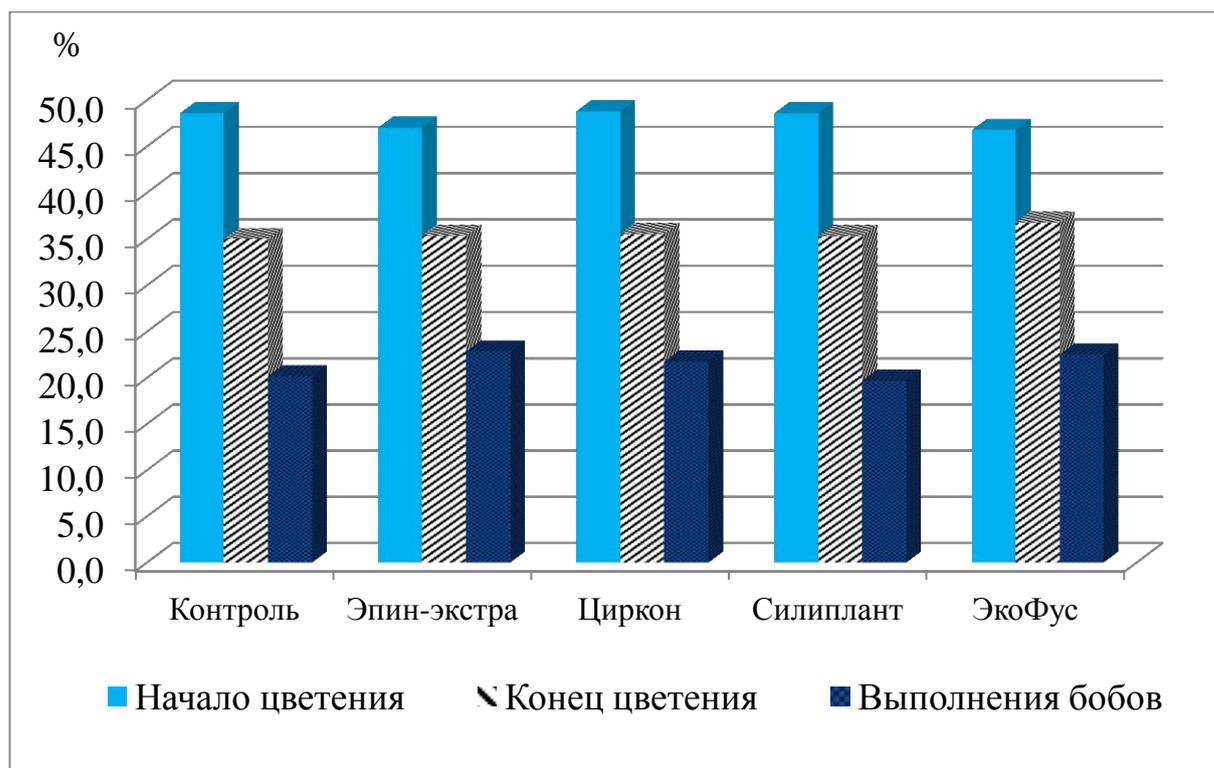


Рисунок 8 - Облиственность растений в среднем за три года, %

Таблица 17 - Площадь листовой поверхности, тыс. м<sup>2</sup>/га

Варианты	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Конец цветения				
Контроль	8,38	27,1	11,7	15,7
Эпин-Экстра	10,6	33,6	14,1	19,4
Циркон	11,0	34,3	15,8	20,3
Силиплант	8,46	35,4	15,8	19,9
ЭкоФус	11,4	35,4	15,2	20,7
НСР <sub>05</sub>	1,55	4,60	2,43	-
Выполненные бобы				
Контроль	7,40	22,6	9,63	13,2
Эпин-Экстра	11,1	28,5	14,4	18,0
Циркон	12,0	33,0	13,3	19,4
Силиплант	9,59	25,0	13,7	16,1
ЭкоФус	9,62	31,0	13,6	18,1
НСР <sub>05</sub>	2,02	4,10	3,30	-

В таблице 18 площадь листьев отражена как показатель индекса листовой поверхности (ИЛП). Из данных таблиц следует, что применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений достоверно оказывает положительное влияние на увеличение площади листьев. Наибольшая листовая поверхность отмечалась в 2020 году, наименьшая - в 2019 году. В 2022 году данный показатель занимал промежуточное положение. В среднем максимальная за вегетацию площадь листьев растений зарегистрирована в конце периода цветения и образования плодов. В фазу выполненных бобов площадь листьев снижалась.

Таблица 18 - Индекс листовой поверхности растений сои

Варианты	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Конец цветения				
Контроль	0,84	2,71	1,17	1,57
Эпин-Экстра	1,06	3,36	1,41	1,94
Циркон	1,09	3,43	1,58	2,03
Силиплант	0,85	3,54	1,58	1,99
ЭкоФус	1,14	3,54	1,52	2,07
НСР <sub>05</sub>	0,22	0,50	0,33	-
Выполненные бобы				
Контроль	0,74	2,26	0,95	1,32
Эпин-Экстра	1,11	2,85	1,43	1,80
Циркон	1,20	3,30	1,33	1,94
Силиплант	0,96	2,50	1,38	1,61
ЭкоФус	0,96	3,10	1,38	1,81
НСР <sub>05</sub>	0,29	0,40	0,24	-

В 2019 году более высокая площадь листьев наблюдалась у вариантов с обработкой регуляторами роста Эпином-Экстра и Цирконом, а также органоминеральным удобрением Силиплантом. Однако даже в этих вариантах площадь листьев оказалась очень низкой по величине, это обстоятельство определило низкую продуктивность растений.

В годы исследований фотосинтетическая активность имела свои особенности в связи с действием погодных условий на формирование урожая. Согласно исследованиям ряда авторов агрофитоценоз как фотосинтезирующая система функционирует в оптимальном режиме при площади листьев 40-50 тыс. м<sup>2</sup>/га, т.е. при ИЛП, равном 4-5 [32, 33, 39, 131, 132]. Такая величина не отмечалась в ходе исследования.

Приросты биомассы, фотосинтетический потенциал (ФП) и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) характеризуют фотосинтетическую

деятельность растений в агроценозе за определенный межфазный промежуток времени и в целом за вегетацию. Данные по этим показателям представлены в (таблице 19).

Из данных таблицы 19 следует: от всходов до начала цветения ФП в 2019 и 2022 гг. - в 6-7 раз меньше, чем в 2020 г., что связано с влиянием погодных условий в этот период. Наибольшее значение фотосинтетического потенциала отмечено в вариантах с использованием регуляторов роста Эпин-Экстра и Циркон. Так, в 2019 г. на вариантах с применением Эпина-Экстра и Циркона ФП превышал контрольный вариант на 30,1 % и 33,1 % соответственно. В 2022 г. наибольший прирост ФП зарегистрирован при применении Циркона и ЭкоФуса. За вегетацию в целом ФП сорта Касатка в 2020 г. оказался в 3-4 раза выше, чем в 2019 и 2022 гг.

По Ничипоровичу низко продуктивные посеы формируют ФП, равный 500-600 тыс. м<sup>2</sup> дней/га, средне продуктивные - 1-1,5 млн. м<sup>2</sup> дней/га, высокопродуктивные - 2,2-3 млн. м<sup>2</sup> дней/га [127]. Можно отметить, что в 2019 и 2022 гг. под влиянием погодных условий сформировались очень низко продуктивные посеы, в 2020 году – средне продуктивные посеы сои.

Вместе с тем надо отметить, что показатель чистой продуктивности фотосинтеза уменьшался в тех вариантах, где фотосинтетический потенциал увеличивался (таблица 19). В 2020 году существенных различий между вариантами с регуляторами роста и органоминеральными удобрениями по ФП не отмечалось. Масса и площадь листьев на растениях сои увеличивалась до начала фазы выполненных бобов в зависимости от погодных условий и применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений. 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, что обеспечило высокие темпы прироста сухой биомассы.

Таблица 19 - Фотосинтетический потенциал, тыс. м<sup>2</sup> дней/га и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), г/м<sup>2</sup> в сутки (2019-2022 гг.)

Даты	Контроль	Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	ЭкоФус	НСР <sub>05</sub>
2019 год						
Всходы-26.06 (40 дней)	111	137	129	110	118	20,1
26.06-11.07 (15 дней)	104	131	130	102	130	17,4
11.07-26.07 (15 дней)	118	163	172	133	158	20,2
26.07-12.08 (17 дней)	69	96	106	85	83	18,5
ФП тыс. м <sup>2</sup> дней/га-средн.	<b>402</b>	<b>526</b>	<b>537</b>	<b>430</b>	<b>488</b>	<b>65,6</b>
ЧПФ г/м <sup>2</sup> сутки-средн.	<b>6,17</b>	<b>6,52</b>	<b>6,78</b>	<b>6,21</b>	<b>5,38</b>	<b>0,78</b>
2020 год						
Всходы-28.07 (47 дней)	665	805	887	778	731	94,3
28.07-11.08 (14 дней)	387	475	505	480	466	51,0
11.08-21.08 (10 дней)	248	311	336	302	332	39,0
21.08-01.09 (11 дней)	125	157	182	138	171	22,7
ФП тыс. м <sup>2</sup> , дней/га-средн.	<b>1425</b>	<b>1747</b>	<b>1910</b>	<b>1698</b>	<b>1700</b>	<b>185</b>
ЧПФ, г/м <sup>2</sup> сутки-средн.	<b>4,07</b>	<b>4,41</b>	<b>4,28</b>	<b>4,99</b>	<b>4,32</b>	<b>0,43</b>
2022 год						
Всходы 14.07 (39 дней)	107	130	149	131	148	17,0
14.07-28.07 (14 дней)	120	145	164	158	160	20,1
28.07-11.08 (14 дней)	150	199	204	207	202	25,2
11.08-24.08 (13 дней)	62,6	93,4	86,6	88,8	88,2	21,2
ФП тыс. м <sup>2</sup> , дней/га-средн.	<b>440</b>	<b>567</b>	<b>604</b>	<b>585</b>	<b>598</b>	<b>56,4</b>
ЧПФ, г/м <sup>2</sup> сутки-средн.	<b>3,92</b>	<b>4,39</b>	<b>5,04</b>	<b>5,92</b>	<b>5,33</b>	<b>1,04</b>

Препараты отличались по влиянию на динамику нарастания площади листьев и величину ФП. У регулятора роста Циркон и органоминерального удобрения ЭкоФус отмечалось максимальное значение площади листьев в

фазе цветения в среднем за 2019-2022 гг. Соответственно, в этих вариантах также наблюдался наибольший ФП. Регуляторы роста и органоминеральные удобрения Силиплант, Эпин-Экстра, Циркон и ЭкоФус оказали положительное влияние на величину сырой и сухой массы растений, площадь листьев и фотосинтетический потенциал.

Чистая продуктивность фотосинтеза, напротив, имела более высокую величину в 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).

#### **4.4 Влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений на формирование элементов структуры урожая**

Формирование хозяйственного урожая зернобобовых культур является сложным процессом. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений может усилить рост и фотосинтез растений, что приводит к повышению накопления ассимилятов и целесообразному их перераспределению в генеративные органы. Это, в свою очередь, позитивно влияет на образование элементов структуры урожая [39, 40, 102, 147].

В наших исследованиях показатели элементов структуры урожая менялись под влиянием изучаемых регуляторов роста и органоминеральных удобрений (таблица 20).

Лучшие по величине показатели в благоприятном 2020 году. В контрольном варианте в 2019 и 2022 годах число бобов и семян на м<sup>2</sup> ниже уровня 2020 года на 70-80 %, а по массе семян (г/м<sup>2</sup>) это снижение в 2019 году составило 126 %. Аналогичное влияние погодных условий в разные годы опыта на величину элементов продуктивности проявилось и на вариантах с регуляторами роста и органоминеральными удобрениями.

Таблица 20 - Элементы структуры урожая

Варианты	Число бобов, шт/ м <sup>2</sup>	Число семян, шт/ м <sup>2</sup>	Число продуктивных боковых ветвей, шт/ м <sup>2</sup>	Число продуктивных узлов, шт/ м <sup>2</sup>
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 <sub>05</sub>	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 <sub>05</sub>	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 <sub>05</sub>	95,5	173	17,4	40,7

Однако на всех вариантах с обработкой регуляторами роста и органоминеральными удобрениями вне зависимости от года исследования по всем показателям структуры урожая зафиксированы более высокие значения по сравнению с контролем. При благоприятных погодных условиях (2020 год) превышение по сравнению с контролем было наибольшим. По числу бобов и семян на 1 м<sup>2</sup> (соответственно) оно составило в вариантах с использованием препаратов Эпин-Экстра 27,0 % и 37,1 %, Циркон - 40,5 % и 44,3 %, Силиплант - 30,6 % и 41,4 % и ЭкоФус - 38,4 % и 36,0 % по сравнению с контролем.

В 2019 году отличия вариантов с регуляторами роста и органоминеральными удобрениями по элементам структуры урожая

оказались несущественными (в пределах НСР). В 2022 году на вариантах с обработкой Цирконом и ЭкоФусом наблюдалось большее по сравнению с 2019 годом число бобов на 22,8 % и 38,6 % соответственно.

В исследованиях отмечена разная величина массы 1000 семян в зависимости от года и применяемых препаратов (рисунок 9).

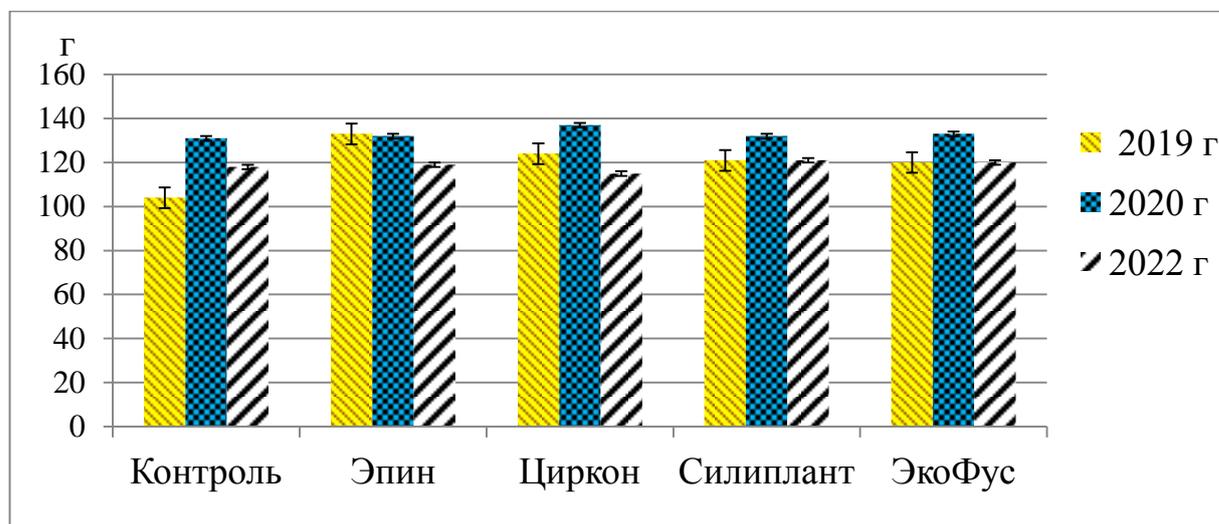


Рисунок 9 - Масса 1000 семян, г

Различия между вариантами 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. В благоприятных условиях в 2020 году зафиксирована максимальная и практически одинаковая для всех вариантов масса 1000 семян во всех вариантах, в том числе в контроле. В августе 2022 года наступила абсолютная засуха, когда осадки не выпадали, а среднесуточная температура значительно превышала норму. Периоды роста бобов и налива семян проходили в экстремально стрессовых условиях, в результате чего растения засыхали с ещё не выполненными бобами. В итоге масса 1000 семян была одинаковой во всех вариантах, включая контроль.

#### **4.5 Влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений на урожайность семян**

Основным препятствием для повышения урожайности является экологический стресс, вызывающий потери урожая. В течение любого

вегетационного периода соя может столкнуться с рядом потенциальных стрессовых факторов, ограничивающих урожай. В предыдущих разделах было показано, что преобладающее влияние на продукционный процесс сои оказывали именно стрессовые факторы, связанные с изменением погодных условий в разные годы. Урожайность сои изменялась по годам и благодаря влиянию регуляторов роста и органоминеральных удобрений (таблица 21).

Таблица 21 - 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 <sub>05</sub>	0,34	0,59	0,31	-	-

Прежде всего, отмечаем, что погодные условия года оказывали сильное влияние на изменчивость урожайности. Высокая урожайность в 2020 году объясняется тем, что в этом вегетационном периоде сформировалось наибольшее число бобов и семян на 1 м<sup>2</sup>. 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 составило в случае применения препаратов Силиплант 20,1 %; Циркон 28,5 %; Эпин-Экстра 14,5 % и ЭкоФус 10,8 %. Максимальная урожайность сои получена на варианте с применением регулятора роста Циркон.

2019 год характеризовался неустойчивыми метеорологическими условиями, недостатком влаги, превышением среднесуточной температуры в начале вегетации и резкими перепадами температур и влажности во время

налива и уборки. В этом году урожайность в контроле и в вариантах с применением регуляторов роста в 2,3 раза ниже уровня 2020 года. Однако в этих стрессовых для развития растений условиях проявилось положительное влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений. Максимальное превышение урожайности на 69 % по сравнению с контролем отмечалось при применении регулятора роста Эпин-Экстра.

2022 год оказался неустойчивым по погодным условиям. В начале вегетации температурный режим был ниже нормы, а в конце вегетационного периода наступила абсолютная засуха, когда осадки не выпадали, а среднесуточная температура значительно превышала норму. Периоды роста бобов и налива семян проходили в экстремально стрессовых условиях. 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.

Таким образом, установлено существенное положительное влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений Силиплант, Эпин-Экстра, Циркон и ЭкоФус на ростовые и формообразовательные процессы и, в конечном итоге, на урожайность сои. При этом регуляторы роста и органоминеральные удобрения действовали на растения более эффективно, когда метеорологические условия были наиболее благоприятными. Лучшие показатели по урожайности в варианте Циркон.

#### **4.6 Влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений на сбор белка и жира**

Результаты проведённых исследований при обработке вегетирующих растений сои регуляторами роста и органоминеральными жидкими удобрениями включают показатели сбора белка и жира. Они представлены ниже в таблицах 22 и 23.

Таблица 22 - 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 <sub>05</sub>	0,68	0,52	0,71	0,61	0,28	0,63	-	-

Таблица 23 - Сбор белка и жира, кг/га

Варианты	2019 г.		2020 г.		2022 г.		Среднее	
	Белок	Жир	Белок	Жир	Белок	Жир	Белок	Жир
Контроль	404	202	1061	408	469	293	645	301
Эпин-Экстра	686	343	1467	565	689	430	947	446
Циркон	611	306	1613	621	706	441	977	456
Силиплант	539	269	1523	586	631	394	898	416
ЭкоФус	546	273	1427	549	743	464	905	429
НСР <sub>05</sub>	124	62,0	250	96,3	110	68,0	-	-

Погодные условия в годы 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.

С учётом урожайности максимальный сбор белка и жира с 1 гектара за годы исследований получен в 2020 году. Существенных различий между вариантами, обработанными регуляторами роста и органоминеральными удобрениями, не наблюдалось, однако варианты с применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений существенно отличались по сбору

белка и жира от контрольного варианта: по белку – на 50 %, по жиру на 42 %. С учётом урожайности сбор белка и жира в 2019 г. снизился по сравнению с уровнем 2020 г. в 2, 2 раза, в 2022 г. по белку на 44 %, по жиру на 26 %.

На основании проведённых исследований можно сказать, что сочетание использования препаратов и благоприятных погодных условий вегетации оказывает положительное влияние на урожайность и качество семян сои, что в конечном итоге отражается на сборе белка и жира с единицы площади (1 га). Действие регуляторов роста и органоминеральных удобрений помогает растениям противостоять неблагоприятным погодным условиям, что позволяет в большей степени реализовывать их возможный потенциал.

Таким образом, обработка вегетирующих растений сои регуляторами роста и органоминеральными удобрениями является значимым агротехническим элементом, который гарантирует увеличение урожайности и качества урожая семян сои сорта Касатка.

## **ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РФ**

Экономическая эффективность производства - это отношение между производимым продуктом и количеством факторов производства, использованных для его получения. Экономическая эффективность – величина, с помощью которой можно оценить полезность производства продукта. Успешность сельскохозяйственного производства связана с улучшением методов его ведения - как путём диверсификации сельскохозяйственных культур, так и за счёт использования более качественных семян и новых технологий. При этом необходимо руководствоваться выгодностью проводимых мероприятий. Анализ экономической эффективности является инструментом для принятия решений. Цель проведения анализа состоит в том, чтобы определить наиболее эффективный с экономической точки зрения способ достижения поставленных задач [38, 82, 93, 198].

За последние двадцать лет выращивания сои у данной культуры произошёл самый быстрый рост производства в мире. В 2021 году уборная площадь составила 130 млн. га, а объём производства сои в мире достиг 372 млн. тонн. В России по итогам 2021 года было произведено около 4,76 млн. тонн сои, а уборная посевная площадь достигла 3068 тыс. га.

Соя - бобовая культура, обладающая многочисленными достоинствами. Она улучшает сельскохозяйственные системы, а различные продукты её переработки обогащают ежедневный рацион и обеспечивают новый доход населению. Соевые продукты для потребления человеком многочисленны (масло, йогурт, сыр, детская мука), и их потребление быстро распространилось во всех слоях населения. В Бенине население быстро осознало высокую пользу соевых продуктов, и сегодня они являются

неотъемлемой частью рациона, в особенности у детей. Сельское население получает большой доход за счет производства и традиционных методов переработки сои. Крупные производители сои получают доход в основном от переработки сои в масло, а также продажи соевых продуктов в различных формах [264].

Зачастую исследования эффективности производства фокусируются в основном либо на прибыльности, либо на его технической и / или экономической эффективности. Большинство исследований по определению экономической и финансовой рентабельности включают оценку технической эффективности без учёта климатических условий, в которых осуществлялась сельскохозяйственная эксплуатация. Это затрудняет измерение эффективности используемой технологии. В контексте изменения климата погодные условия играют важную роль в определении эффективности и рентабельности производства, поскольку урожайность преимущественно зависит от этих факторов. Установление взаимосвязи между экономической эффективностью, рентабельностью и погодными условиями в годы производства могло бы помочь производителям принимать решение о применении конкретных агроприёмов в конкретный год [138].

Экономическая оценка эффективности возделывания сои осуществлялась на основе сравнения вариантов полевого опыта по результатам (таблицы 24 и 25), характеризующим урожайность сельскохозяйственной культуры, с учётом качества продукции, а также по системе следующих экономических показателей:

1. Прямые затраты труда на 1 га и 1 ц продукции,
2. Полная себестоимость продукции,
3. Трудоемкость производства, чел.-час,
4. Цена единицы продукции,
5. Затраты труда (на 1 га и 1 ц),
6. Прибыль,
7. Рентабельность, %

Таблица 24 - Экономическая эффективность производства сортов сои северного экотипа

Показатели Сорта	Урожайность, т/га	Выручка от реализации, руб	Себестоимость, руб.: 1 т.	Производственные затраты 1 га, руб.	Затраты труда на 1 т, чел.-ч	Прибыль на 1 га, руб.	Рентабельность, %
Магева	2,04	46920	13088	26700	14,5	20220	75,7
Светлая	1,79	41170	14916	26700	14,5	14470	54,2
Касатка	1,64	37720	16280	26700	14,5	11020	41,3
Малета	2,28	52440	11711	26700	14,5	25740	96,4
Георгия	2,31	53130	11558	26700	14,5	26430	99,0
Окская	2,48	57040	10766	26700	14,5	30340	114

Цена реализации, использованная для расчета экономической эффективности, рассчитана на основании рыночной цены сои в каждом году. Она составили примерно 22 тыс. руб./т в 2019 и 2020 гг. и 25 тыс. руб./т в 2022 г.

Анализ экономической эффективности производства раннеспелых сортов сои северного экотипа в годы исследования позволяет выделить сорт Окская, (таблица 24 и рисунок 10), который показал максимальный уровень рентабельности – 114 %.

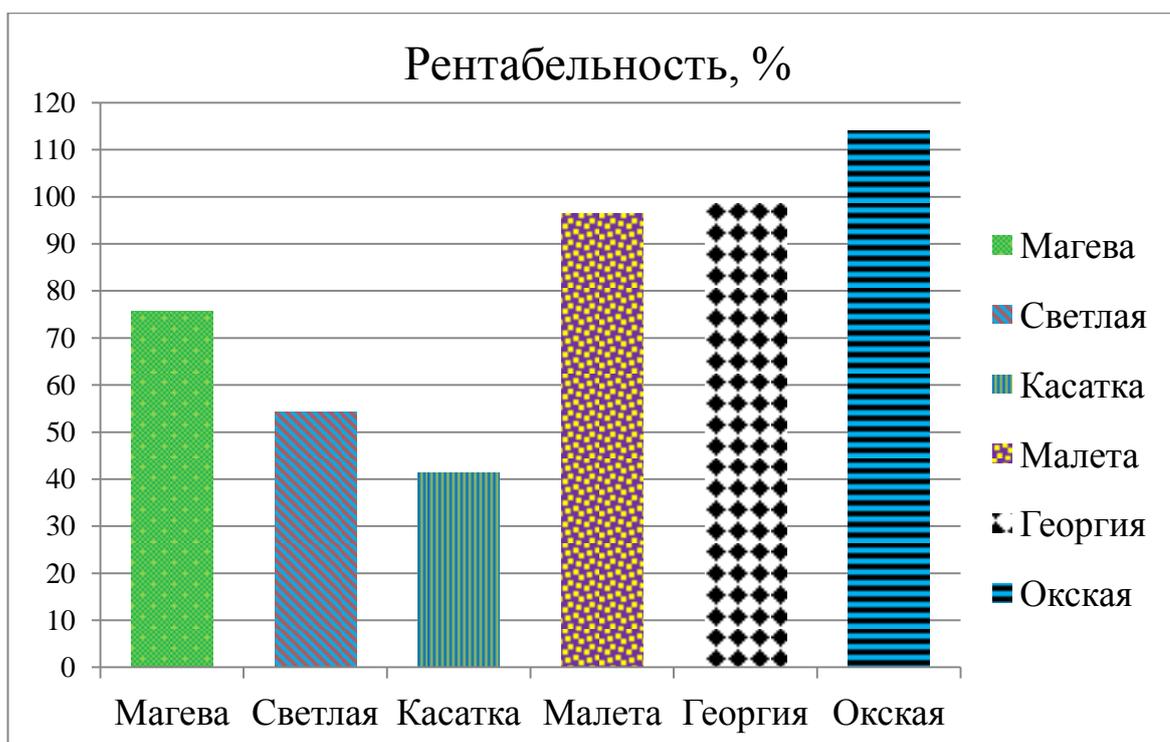


Рисунок 10 - Экономическая эффективность производства сортов сои, %

В 2022 году рентабельность оказалась низкой у всех изучаемых сортов, Максимальная рентабельность зафиксирована в 2020 году. Применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений при возделывании сои неодинаково сказалось на экономической эффективности изучаемых вариантов. Анализ рентабельности производства сои по группам препаратов, сформированным на основе их состава, позволил выявить эффективность их применения (таблица 25).

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что в среднем за 2019-2020 гг. и 2022 г. производственные затраты в зависимости от используемых препаратов Эпин-Экстра и Циркон составили 27340-27020 руб./га, а при применении Силипланта и ЭкоФуса - 27850-28200 руб./га, что превышало контроль на 640-320 руб. и 1150-1500 руб. соответственно. Сумма, полученная от реализации (выручка), при использовании Эпин-Экстра и Циркона в среднем составила 55430-57040 руб./га, Силипланта и ЭкоФуса - 52210-53130 руб./га, то есть на 17850-19550 руб./га и 14720-15640 руб./га больше, чем у контроля соответственно. Обработка вегетирующих

растений препаратом Циркон обеспечивала самую высокую денежную выручку с гектара.

Таблица 25 - Экономическая эффективность применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений при возделывании сои

Показатели Варианты	Урожайность, т/га	Выручка от реализации, руб	Себестоимость, руб.: 1 т.	Производственные затраты 1 га, руб.	Затраты труда на 1 т, чел.-ч	Прибыль на 1 га, руб.	Рентабельность, %
Контроль	1,63	37490	16380	26700	14,5	10790	40,4
Эпин-Экстра	2,41	55430	11344	27340	15	28090	103
Циркон	2,48	57040	10895	27020	15	30020	111
Силиплант	2,27	52210	12269	27850	15	24360	87,5
ЭкоФус	2,31	53130	12208	28200	15	24930	88,4

Учитывая небольшую разницу между производственными затратами у вариантов, обработанных регуляторами роста и органоминеральными удобрениями, и контролем, а также разницу в урожайности, зарегистрированы низкие показатели себестоимости продукции с одного гектара у вариантов, обработанных регуляторами роста и органоминеральными удобрениями. Соответственно, самая высокая прибыль отмечалась у вариантов с применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений. Максимальная прибыль получилась у варианта Циркон (30020 руб./га), рентабельность при этом составила 111 %. При обработке ЭкоФусом рентабельность составила 88,4 %. Минимальная рентабельность в среднем за годы исследования у контроля

составила 40,4 %. Следует отметить, что в 2019 г. отмечалась минимальная прибыль у всех вариантов, тогда как в контрольном варианте прибыли не получилось, а ущерб составил 1300 руб./га. Максимальная рентабельность наблюдалась в 2020 году.

Таким образом, установлено, что применение регуляторов роста (Эпин-Экстра и Циркон) и органоминеральных жидких удобрений (Силиплант и ЭкоФус) обеспечивает высокую прибыль и повышает уровень рентабельности, особенно в годы, когда погодные условия являются благоприятными для возделывания сои. Максимальная рентабельность при использовании препарата Циркон – 111 % и Эпин-Экстра – 103 %.

В целом, производство раннеспелых сортов сои и применение регуляторов роста и органоминеральных удобрений в Центральном регионе экономически эффективны. Следует отметить, что на результаты оказывали влияние агроклиматические условия и сортовые особенности. Разнообразные по химическому составу препараты оказали положительное влияние на рост и развитие сои северного экотипа сорта Касатка, что позволило увеличить число бобов и семян на растениях и получить высокой уровень урожайности, которая, в свою очередь, обеспечила высокие экономические показатели.

## 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. 2,59 - 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 более 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 м<sup>2</sup> (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. м<sup>2</sup> 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аbugалиева, А. И. Генетическое разнообразие сортов сои различных групп спелости по признакам продуктивности и качества / А. И. Аbugалиева, С. В. Дидоренко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20, № 3. – С. 303-310. – DOI 10.18699/VJ16.168.
2. Агафонов, О.М. Экономическая эффективность применения микробиологических препаратов для обработки семян сои / О.М. Агафонов, О.Г. Шабалдас, О.В. Мухина, В.В. Киц // Сб. науч. ст. по матер. V Междунар. науч. конф. «Эволюция и деградация почвенного покрова». – Ставрополь.- 2017. – С. 214–215.
3. Агафонов, О.М. Эффективность обработки семян бактериальным препаратом, стимулятором роста и внекорневой подкормки растений сои органическим удобрением / О.М. Агафонов, О.Г. Шабалдас, О.В. Мухина // Сб. науч. ст. по матер. науч.практ. конф. «Питательные зерна устойчивого будущего – международный год зернобобовых (МГЗ) 2016». – Ставрополь: Секвойя. - 2016. – С. 9–12.
4. Акулов, А. С. Изучение элементов технологии возделывания новых сортов сои Зуша и Мезенка / А. С. Акулов, А. Г. Васильчиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1(17). – С. 45-51.
5. Акулов, А.С. Изучение некоторых агроприемов возделывания новых сортов сои / А.С. Акулов, А.Г. Васильчиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – №1(25). – С. 36-40.
6. Алиев-Лещенко, Р. М. Влияние регуляторов роста растений на урожайность и качество подсолнечника при разных дозах минеральных удобрений : специальность 06.01.04 "Агрехимия" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Алиев-Лещенко Рустам Мислимович. – Москва, 2015. – 22 с.

7. Алексеева, К. Л. Силиплант в системе защиты огурца против мучнистой росы / К. Л. Алексеева, Л. Г. Сметанина // Картофель и овощи. – 2020. – № 5. – С. 25-27. – DOI 10.25630/PAV.2020.64.36.005

8. Амелин, А. В. Потенциальные возможности производственного процесса у современных сортов сои различных агроэкологических групп в условиях центрально-черноземного региона России / А. В. Амелин, И. И. Кузнецов // Новые сорта сельскохозяйственных культур - составная часть инновационных технологий в растениеводстве : сборник научных материалов Шатиловских чтений, посвященных 115-летию Шатиловской СХОС, Орел, 12–13 июня 2011 года. – Орел: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур Российской академии сельскохозяйственных наук, 2011. – С. 411-416. –

9. Аминокислотный состав запасных белков современных сортов сои / С. В. Бобков, В. И. Зотиков, И. И. Сопова [и др.] // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1(40). – С. 66-69.

10. Баранов, В. Ф. Скороспелые сорта сои для северо-западной зоны России / В. Ф. Баранов, Л. А. Баранова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2015. – № 2(162). – С. 80-86.

11. Белковый комплекс у сои в условиях Центрального Нечерноземья / Т. П. Кобозева, В. Т. Синеговская, В. А. Шевченко, Н. П. Попова // Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Том Выпуск 292, Часть I. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 312-315.

12. Бойко, Е. Ю. Тенденции научного обеспечения производства сои в России / Е. Ю. Бойко // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур : Сборник материалов 10-й всероссийской конференции с международным участием молодых учёных и специалистов, Краснодар, 26–

28 февраля 2019 года. – Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта, 2019. – С. 22-27.

13. Боме, Н. А. Возделывание сои в условиях юга Тюменской области / Н. А. Боме, Т. И. Гальчинская // Зернобобовые культуры - развивающееся направление в России : первый международный форум, Омск, 19–22 июля 2016 года / ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина». – Омск: Полиграфический центр КАН, 2016. – С. 28-31.

14. Борисова, Т. Г. Эффективность применения и востребованность регуляторов роста Циркона, Эпина-Экстра и микроудобрений в технологии выращивания зерновых культур / Т. Г. Борисова // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 1(49). – С. 70-72.

15. Борцова, Е. Б. Влияние стимуляторов роста и бактериального удобрения на продуктивность посевов сои сорта Светлая в условиях Костромской области / Е. Б. Борцова // Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии : Материалы 49-й международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов (ВНИИА), Москва, 25 апреля 2015 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт им. Прянишников, 2015. – С. 33-35.

16. Брагина, В. В. Изучение агротехнических приемов возделывания новых сортов сои в условиях Приморского края / В. В. Брагина, Н. С. Кочева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 8(154). – С. 33-38.

17. Васильчиков, А. Г. Влияние биологически активных веществ на продуктивность и азотфиксирующий потенциал сои / А. Г. Васильчиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2(6). – С. 116-119.

18. Вишнякова, М. А. Генофонд кормовой сои в коллекции ВИР / М. А. Вишнякова // Птицепром. – 2016. – № S3. – С. 41.

19. Влияние регуляторов роста и поздней некорневой подкормки удобрениями на урожайность и белковую продуктивность / Н. Е. Новикова, А. О. Косиков, С. В. Бобков, А. А. Зеленев // *Агрохимия*. – 2017. – № 1. – С. 32-40.
20. Влияние регуляторов роста растений комплексного действия на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур/ О.А. Шаповал, И.П. Можарова, А.А.Коршунов, В.В. Вакуленко// *Материалы докладов участников 7-ой конференции «Анапа-2012»* Под ред. акад. РАСХН В.Г.Сычева- М.: ВНИИА, 2012. - С. 132-139.
21. Влияние биопрепаратов на фотосинтетическую активность посевов ячменя / С. Л. Белопухов, П. Д. Бугаев, М. Е. Ламмас, И. С. Прохоров // *Агрохимический вестник*. – 2013. – № 5. – С. 19-21.
22. Влияние приемов обработки почвы и условий возделывания на структуру урожая посевов сои / А. Х. Габаев, В. Х. Мишхожев, А. К. Нам, Т. Х. Пазова // . – 2016. – Т. 3, № 42. – С. 91-97.
23. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа / М. Е. Бельшкина, Т. П. Кобозева, В. А. Шевченко, У. А. Делаев // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. – 2018. – № 4. – С. 182-190. – DOI 10.26897/0021-342X-2018-4-182-190.
24. Влияние биоудобрений и регуляторов роста на урожайность подсолнечника / Л. П. Бельтюков, Г. М. Ситало, В. М. Мажара [и др.] // *Вестник аграрной науки Дона*. – 2017. – № 1-1(37). – С. 46-52.
25. Влияние регуляторов роста на структуру урожая и урожайность сои в условиях предгорной зоны КБР / К. Г. Магомедов, М. Х. Ханиев, И. М. Ханиева [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – 2008. – № 5. – С. 167-169.
26. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа / М. Е. Бельшкина, Т. П. Кобозева, В. А. Шевченко, У. А. Делаев // *Известия*

Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4. – С. 182-190.  
– DOI 10.26897/0021-342X-2018-4-182-190.

27. Волобуева, О. Г. Влияние биопрепарата альбит на содержание фитогормонов в растениях фасоли разных сортов и эффективность симбиоза / О. Г. Волобуева, И. В. Скоробогатова, В. К. Шильникова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 1. – С. 105-113.

28. Волобуева, О. Г. Влияние препарата эпин-экстра на содержание фитогормонов в растениях сои разных сортов и эффективность симбиоза / О. Г. Волобуева // Агрехимия. – 2015. – № 7. – С. 34-41.

29. Волобуева, О. Г. Изменение содержания фитогормонов и эффективность симбиоза в растениях фасоли при обработке эпином / О. Г. Волобуева, И. В. Скоробогатова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 4. – С. 19-21.

30. Воронцов, В. А. Влияние отдельных элементов технологии возделывания на урожайность сои / В. А. Воронцов, Н. Н. Бабич, А. А. Джабраилов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2(6). – С. 112-116.

31. Гаджиумаров, Р. Г. Влияние технологий возделывания на продуктивность сои в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / Р. Г. Гаджиумаров // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. – 2017. – № 9. – С. 40-48.

32. Галиченко, А. П. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои / А. П. Галиченко, Е. М. Фокина // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 7(222). – С. 16-25. – DOI 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25.

33. Гатаулина, Г. Г. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? / Г. Г. Гатаулина, М. Е. Бельшкіна // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 8. – С. 5-11.

34. Гатаулина, Г. Г. Сорта сои северного экотипа: как погода влияет на рост, развитие, формирование урожая и его вариабельность / Г. Г. Гатаулина, Н. В. Заренкова, С. С. Никитина // . – 2019. – № 7. – С. 34-40.
35. Гатаулина, Г.Г., Никитина С.С. Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования урожая / Монография. Сер. Научная мысль. М.: Инфра-М, 2016- 242 С.
36. Гатаулина, Г. Г. Системный подход к анализу динамических характеристик продукционного процесса у зерновых бобовых культур / Г. Г. Гатаулина, С. С. Соколова, М. Е. Бельшкина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 2. – С. 69-95.
37. Гатаулина, Г. Г. Вариабельность урожайности и стрессовые факторы у зернобобовых культур / Г. Г. Гатаулина, М. Е. Бельшкина, Н. В. Медведева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 96-112.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. Головина, Е. В. Фотосинтетическая деятельность сортов сои северного экотипа, возделываемых в условиях ЦЧР / Е. В. Головина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3(39). – С. 41-49. – DOI 10.24412/2309-348X-2021-3-41-49.

42. Головина, Е. В. Эколого - генетическая изменчивость содержания пигментов в листьях сортов сои северного экотипа / Е. В. Головина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 3(31). – С. 74-79. – DOI 10.24411/2309-348X-2019-11117.

43. Головина, Е. В. Сравнительное исследование засухоустойчивости новых сортов сои различными методами / Е. В. Головина // Земледелие. – 2018. – № 4. – С. 33-35. – DOI 10.24411/0044-3913-2018-10410.

44. Головина, Е. В. Влияние погодных условий на фотосинтетическую деятельность и зерновую продуктивность сортов сои северного экотипа / Е. В. Головина, В. И. Зотиков // Земледелие. – 2012. – № 5. – С. 44-46.

45. Головина, Е. В. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ / Е. В. Головина, В. И. Зотиков ; Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур. – Орел : Общество с ограниченной ответственностью полиграфическая фирма «Картуш», 2019. – 320 с. – ISBN 978-5-9708-0784-2.

46. Головина, Е. В. Влияние погодных условий на накопление и реутилизацию азота сортами сои / Е. В. Головина // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2010. – № 5(26). – С. 58-60.

47. Головина, Е. В. Научно-теоретическое обоснование возделывания сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ: специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Головина Екатерина Владиславовна. – Пенза, 2016. – 22 с.

48. Головина, Е. В. Исследование засухоустойчивости и водного обмена сортов сои северного экотипа / Е. В. Головина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 1(33). – С. 45-49. – DOI 10.24411/2309-348X-2020-11154.

49. Головина, Е. В., Зеленов А.А. Физиологические особенности сортов сои северного экотипа, возделываемых в условиях ЦЧР. Аграрная наука. -2020. - № 11(12). – С.89-96. Doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-89-96.
50. Гончаров, В. Д. Решение проблемы кормового белка в животноводстве / В. Д. Гончаров, В. В. Рау // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – № 1(46). – С. 64-69.
51. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. [Текст] - МСХ РФ, 2018. - Т.1: Сорта растений. – 302 с.
52. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 680 с.
53. Гуреева, Е. В. Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области / Е. В. Гуреева // . – 2018. – № 7. – С. 34-35. – DOI 10.24411/0044-3913-2018-10709.
54. Дебелый, Г.А. Зернобобовые культуры в Нечерноземной зоне РФ [Текст] : значение, селекция, использование, смешанные посевы / Г. А. Дебелый ; ГНУ "Науч.-исслед. ин-т сельского хоз-ва центральных р-нов Нечерноземной зоны" (ГНУ "НИИСХ ЦРНЗ"). - Москва ; Немчиновка : НИИСХ ЦРНЗ, 2009. - 258 с.
55. Действие регуляторов роста и минеральных удобрений на урожайность ярового ячменя / В. А. Исайчев, Н. Н. Андреев, А. М. Кинжалиева [и др.] // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы : XI Международная научно-практическая конференция: сборник статей, Пенза, 27 ноября 2015 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 59-62.
56. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: Монография / В. А. Ушкаренко, Н. Н. Лазарев, С. П.

Голобородько, С. В. Коковихин. – Москва : Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. – 336 с. – ISBN 978-5-9675-0527-0.

57. Дмитревская, И. И. Применение нового удобрения Экофус на льне масличном / И. И. Дмитревская // МАТЕРИАЛЫ и МЕТОДЫ ИННОВАЦИОННЫХ исследований и РАЗРАБОТОК : сборник статей международной научно-практической конференции: в 2 частях, Екатеринбург, 15 марта 2017 года. Том Часть 2. – Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2017. – С. 143-147.

58. Дозоров, А. Влияние сроков и способов посева сои на качество выращиваемой продукции / А. Дозоров, Ю. Ермошкин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – № 1. – С. 44-45.

59. Дорожкина, Л. А. ЭкоФус - новое органоминеральное удобрение / Л. А. Дорожкина, Б. У. Мисриева, Е. С. Приходько // Агрехимический вестник. – 2014. – № 6. – С. 33-36.

60. Дорожкина, Л. А. Применение регуляторов роста в растениеводстве. Учебное пособие/ Дорожкина Л.А., Поддымкина Л.М., Добрева Н.И. – Москва: РГАУ-МСХА, 2015.-135С.

61. Дорожкина , Л. А. Применение Силипланта в технологии возделывания зерновых и кормовых культур / А. Н. Кшникаткина, Л. А. Дорожкина // Агрехимический вестник. – 2014. – № 5. – С. 41-44.

62. Дорохов, А. С. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития / А. С. Дорохов, М. Е. Бельшкина, К. К. Большева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3(47). – С. 25-33. – DOI 10.18286/1816-4501-2019-3-25-33.

63. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. — 5-е изд., доп. и перераб.—М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

64. Душко, О.С. Фотосинтетическая активность сои при использовании различных гербицидов и их экономическая эффективность в

условиях Приамурья / О.С. Душко, А.А. Малашонок // Земледелие, 2017. - № 3. - С. 12-13.

65. Енкен, Б. В. Соя. [Текст] / В. Б. Енкен, - Москва : Сельхозгиз, 1959. - 622 с.

66. Зайцев, Н.И. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения/ Зайцев Н.И., Бочкарев Н.И., Зеленцов С.В. // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. - 2016.- С. 3–11.

67. Зайцев, Н. И. Повышение продуктивности сои и озимой пшеницы путем улучшения влагообеспеченности посевов / Н. И. Зайцев, В. Ю. Ревенко, О. М. Агафонов // Масличные культуры. – 2019. – № 4(180). – С. 80-88. – DOI 10.25230/2412-608X-2019-4-180-80-88.

68. Зайцев, Н. И. Влияние погодных факторов на продуктивность перспективных линий сои в зоне неустойчивого увлажнения / Н. И. Зайцев, В. Ю. Ревенко, Э. Г. Устарханова // Масличные культуры. – 2020. – № 2(182). – С. 62-69. – DOI 10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69.

69. Записоцкий, Д. Н. Влияние регуляторов роста растений на урожай сои / Д. Н. Записоцкий, А. Я. Барчукова // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур : Материалы докладов участников 9-ой научно-практической конференции "Анапа-2016", Анапа, 19–23 сентября 2016 года / Под редакцией В.Г. Сычева. – Анапа: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2016. – С. 64-66.

70. Заренкова, Н.В. Влияние погодных условий на формирование урожая раннеспелых сортов сои северного экотипа/. Гатаулина Г.Г. Заренкова Н.В., Консаго В.Ф.//доклады ТСХА Выпуск 292 Часть IV. -2020. - С. 4-7.

71. Зеленов, О. И. Экзогенная регуляция развития растений сои и их семенная продуктивность / О. И. Зеленов, Е. В. Кирсанова, З. Р. Цуканова // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2021. – Т. 8, № 1-2. – С. 35-38. – DOI 10.24411/2500-0454-2021-10111.
72. Зеленцов, С. В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои / С. В. Зеленцов, Е. В. Мошненко // Научный диалог. – 2012. – № 7. – С. 40-59.
73. Зеленская, Т. И. Достижения и перспективы селекционно-семеноводческой работы по сое в Белгородском государственном аграрном университете имени В.Я. Горина / Т. И. Зеленская, Н. С. Шевченко // . – 2016. – № 3(167). – С. 97-100.
74. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, В.С. Сидоренко, В.В. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. -2016.- № 1. 1–10- С.
75. Золотарева, Е. В. Перспективы применения регуляторов роста на сое в Хабаровском крае / Е. В. Золотарева, В. В. Логачев // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 6. – С. 47-48.
76. Зотиков, В. И. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации / В. И. Зотиков, В. С. Сидоренко, Н. В. Грядунова // . – 2018. – № 6(162). – С. 46-49.
77. Зотиков, В. И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур / В. И. Зотиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 3(35). – С. 12-19. – DOI 10.24411/2309-348X-2020-11179.
78. Ибрагимова, В. И. Экономическая эффективность выращивания сои в современных условиях / В. И. Ибрагимова // Молодой ученый. – 2017. – № 1(135). – С. 176-178.
79. Изучение и создание исходного материала сои в условиях Северного Казахстана / Г. А. Кипшакбаева, Б. О. Амантаев, З. Т. Тлеулина [и

др.] // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 2(217). – С. 40-47. – DOI 10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47.

80. Инокуляция как способ оптимизации азотного питания сои / Ю. В. Лактионов, А. П. Кожемяков, В. В. Елисеев, В. В. Яхно // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2015. – № 2. – С. 21-25.

81. Исаева, Е. И. Люпин узколистный и соя как предшественники ячменя в севообороте / Е. И. Исаева, А. И. Артюхов // . – 2016. – № 1. – С. 8-10.

82. Использование сои северного экотипа на биотопливо/ Кобозева Т.П., Девянин С. Н., Марков В. А., Левшин А. Г., Алипичев А. Ю.// Техника и технологии АПК. - 2020. - №6. –С. 22-30. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-22-30.

83. Кирсанова, Е. В. Применение регуляторов роста растений как фактор интенсификации возделывания сои в Орловской области / Е. В. Кирсанова, З. Р. Цуканова, О. И. Зеленев // Защита растений в современных условиях развития АПК : Сборник материалов Национальной научно-практической конференции, приуроченной к открытию ООО Байер современной IT-аудитории на факультете агробизнеса и экологии, Орел, 08–09 октября 2019 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2019. – С. 157-162.

84. Кривошлыков, К. М. Методические рекомендации по оценке экономической эффективности производства масличных культур в производственных посевах и полевых опытах / К. М. Кривошлыков. – Краснодар : Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта, 2017. – 20 с.

85. Клостер, Н. И. Возделывание сои с использованием органической системы удобрения в Центральном Черноземье / Н. И. Клостер, В. Б. Азаров // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 1(37). – С. 60-68. – DOI 10.24412/2309-348X-2021-1-60-68.

86. Кобозева, Т. П. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода / М. Е. Бельшкينا, Т. П. Кобозева, Е. В. Гуреева // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 9. – С. 4-9. – DOI 10.28983/asj.y2020i9pp4-9.

87. Ковалев, Н. И. Эффективность комплексного применения органо-минерального удобрения ЭкоФус с биорегулятором Циркон на шалфее лекарственном (*Salvia officinalis*L.) / Ковалев Н.И., Маланкина Е.Л. // Овощи России. – 2019. - № 6.-С. 76-79.

88. Колмыкова, Т. С. Эффективность регуляторов роста растений при действии абиотических стрессовых факторов\* / Т. С. Колмыкова // Агрехимия. – 2012. – № 1. – С. 83-94.

89. Консаго, В. Ф. Влияние биологически активных веществ (БАВ) на ростовые процессы сои / Г. Г. Гатаулина, В. Ф. Консаго // Растениеводство и луговодство: сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием, Москва, 18–19 октября 2020 года. – Москва: ЭйПиСиПабблишинг, 2020. – С. 307-309. – DOI 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-67.

90. 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.

91. 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 / В. Ф. Консаго, Г. Г. Гатаулина // Аграрная наука - 2022 : материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 423-425.

92. 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.

93. Концепция получения экологически безопасного зерна сои / Г. И. Орехов, А. А. Цыбань, А. Н. Панасюк [и др.] ; ФГБНУ ДальНИИМЭСХ. – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2018. – 40 с. – ISBN 978-5-9642-0390-2.

94. Котлярова, Е. Г. Фотосинтетическая деятельность сортов сои в зависимости от уровня удобренности / Е. Г. Котлярова, В. Г. Грицина // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 2. – С. 25-32. – DOI 10.28983/asj.y2021i2pp25-32.

95. Кузнецов, И. И. Продуктивный, фотосинтетический и адаптивный потенциал сортов сои северного экотипа и его реализация в условиях Центрально-Черноземного региона России : специальность 03.01.05 "Физиология и биохимия растений" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кузнецов Иван Иванович. – Орел, 2012. – 24 с.

96. Кузнецов, И. И. Особенности начального роста у разных сортотипов сои / А. В. Амелин, И. И. Кузнецов, В. Н. Зайцев // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6(27). – С. 131-133.

97. Кулыгин, В. А. Влияние элементов технологии на продуктивность сои в условиях обыкновенных черноземов / В. А. Кулыгин // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 2. – С. 69-71.

98. Кухарев, О. Н. Агроэкологические аспекты применения бактериальных препаратов, регуляторов роста и микроэлементных

удобрений в технологии возделывания зернобобовых культур / О. Н. Кухарев, А. Н. Кшникаткина // Нива Поволжья. – 2017. – № 2(43). – С. 33-41.

99. Кшникаткина, А. Н. Агроэкологическое изучение сортов сои и совершенствование технологии их возделывания / А. Н. Кшникаткина // Нива Поволжья. – 2015. – № 1(34). – С. 14-19.

100. Лагошина, А. Г. Влияние инновационных форм удобрений на адаптивный потенциал растений чая / А. Г. Лагошина, Э. К. Пчихачев, О. Г. Белоус // Садоводство и виноградарство. – 2021. – № 3. – С. 23-28. – DOI 10.31676/0235-2591-2021-3-23-35.

101. Леонтьев, П. И. Применение силипланта в растениеводстве / П. И. Леонтьев // . – 2012. – № 10. – С. 66-68.

102. Литвинова, И. С. Совершенствование элементов технологии возделывания сои на зерно в лесостепи Новосибирского Приобья / И. С. Литвинова, Р. Р. Галеев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 2(39). – С. 22-29.

103. Личман, О. М. Экономическая эффективность механизации производственных процессов возделывания сои в Амурской области : специальность 08.00.05 "Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности, в т.ч.: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами; управление инновациями; региональная экономика; логистика; экономика труда; экономика народонаселения и демография; экономика природопользования; экономика предпринимательства; маркетинг; менеджмент; ценообразование; экономическая безопасность; стандартизация и управление качеством продукции; землеустройство; рекреация и туризм)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Личман Ольга Михайловна. – Владивосток, 2003. – 30 с.

104. Лысенко, Н. Н. Управление агробиоценозом сои / Н. Н. Лысенко, Е. В. Кирсанова // . – 2014. – № 2(7). – С. 52-60.

105. Мазиров, М. А. Ресурсосберегающая технология возделывание сортов сои в Южно-Казахстанской области / М. А. Мазиров, Б. О. Амантаев, Н. О. Турганбаев // Земледелие. – 2014. – № 2. – С. 47-48.

106. Матюк, Н. С. Изменение плодородия при разных технологиях обработки почвы питания и урожайность культур севооборота / Н.С. Матюк, В.А. Николаев, Л.И. Щигрова // Агрехимический вестник. – 2019. – № 2. – С. 13-16.

107. Матюк, Н. С. Взаимосвязь метеорологических условий, факторов интенсификации и продуктивности различных агроценозов / Н. С. Матюк, А. Ф. Сафонов // Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям : сборник докладов Международной научно-практической конференции, Москва, 07–11 декабря 2010 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2011. – С. 75-85.

108. Международный год зернобобовых 2016 [Электронный ресурс] // URL. <http://www.fao.org/pulses-2016/ru>. ( 15.04.2020).

109. Миленко, О. Г. Продуктивность агрофитоценоза сои в зависимости от сорта, норм высева семян и способов ухода за посевами / О. Г. Миленко // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 170-181.

110. Мухина, М. Т. Влияние регуляторов роста растений комплексного действия на фоне азотно-фосфорных удобрений на урожайность и качество сои в условиях Краснодарского края : специальность 06.01.04 "Агрехимия" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Мухина Мария Тимофеевна. – Москва, 2017. – 22 с.

111. Мысак, Е. В. Влияние водного стресса на основные показатели продуктивности и посевные качества семян сои / Е. В. Мысак, О. А. Селихова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2016. – № 4(40). – С. 67-74.

112. Мысак, Е. В. Влияние фотопериода на посевные качества семян и основные элементы продуктивности сои / Е. В. Мысак, О. А. Селихова, П. В. Тихончук // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 51-53.
113. Мякушко, Ю. П. Соя. Всесоюз. НИИ масличных культур: монография / под ред. Ю.П. Мякушко, В. Ф. Баранова. - М.: Колос, 1984. - 332с.
114. Нанобиопрепараты в технологии возделывания сои сорта Светлая / А. А. Назарова, С. Д. Полищук, Д. Г. Чурилов [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2017. – № 4(52). – С. 10-14.
115. Нафиков, В. Н. Урожайность семян сои в лесостепи Поволжья при разных приёмах возделывания / С. Г. Смирнов, М. М. Нафиков, В. Н. Фомин // Кормопроизводство. – 2014. – № 1. – С. 17-19.
116. Наумов, А. Ю. Особенности развития растений и урожайность сои в зависимости от сроков её посева / А. Ю. Наумов, А. В. Дозоров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2(30). – С. 43-51. – DOI 10.18286/1816-4501-2015-2-43-51.
117. Научно-практические основы возделывания сортов сои северного экотипа в Нечерноземной зоне России : Учебное пособие / Т. П. Кобозева, В. А. Шевченко, У. А. Делаев [и др.]. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, 2016. – 244 с.
118. Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности //В сб. «Теоретические основы фотосинтетической продуктивности». - М.:Наука,1972.-С.511-526.
119. Ничипорович, А. А. Пути управления фотосинтетической деятельностью растений с целью повышения их продуктивности / А. А. Ничипорович // Физиология сельскохозяйственных растений .- Изд-во МГУ, 1967.- Том 1. – С. 309-353.

120. Новицкая, Н. В. Снижение негативных последствий повреждения семян сои / Н. В. Новицкая, А. Н. Мартынов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4(162). – С. 33-38.
121. Образование клубеньков в зависимости от предпосевной обработки семян сои бактериальными препаратами / Н. И. Зайцев, О. М. Агафонов, О. Г. Шабалдас, О. И. Власова // . – 2017. – № 1(169). – С. 64-68.
122. Овчаренко, М. М. Гуматы – активаторы продуктивности сельскохозяйственных культур//Агрохимический вестник.-2002.-№ 3.- С.13-14.
123. Озякова, Е. Н. Урожайность и качество зерна сои в зависимости от действия абиотических факторов и генотипических особенностей / Е. Н. Озякова, Н. А. Поползухина // Омский научный вестник. – 2014. – № 2(134). – С. 213-217.
124. Особенности применения регуляторов роста и микроудобрений на эфиромасличных культурах / Г. П. Пушкина, Н. С. Тропина, Л. М. Бушковская [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2016. – Т. 19, № 1. – С. 38-44.
125. Оценка основных показателей качества семян сои с помощью ИК-спектromетрии / С. Г. Ефименко, Л. А. Кучеренко, С. К. Ефименко, Я. А. Нагалеvская // . – 2016. – № 3(167). – С. 33-38.
126. Оценка качества семян разных сортов сои северного экотипа с целью их рационального использования / С. В. Золотарев, И. В. Кобозев, Т. П. Кобозева [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1(87). – С. 8-14.
127. Пацкова, В. А. Экономическая эффективность возделывания сои в Северном Зауралье / В. А. Пацкова // Теория и практика мировой науки. – 2016. – № 1. – С. 63-65.
128. Пелевина, А.И. Зернобобовые культуры – решение проблемы белка // Международный журнал социальных и гуманитарных наук. – 2017. – Т. 1. №3. – С. 44-46.

129. Перспективная ресурсосберегающая технология производства сои / В. М. Лукомец, Н. И. Бочкарев, В. Ф. Баранов [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2008. – 56 с.

130. Питебская, В.С. «Соя: химический состав и ее использование» - Майкоп: ОАО "Полиграф-ЮГ", 2012. - 432 с.

131. Пищевая ценность белка семян сортов сои северного экотипа / Т. П. Кобозева, М. Ф. Трифонова, В. Т. Синеговская [и др.] // Инновационные технологии в растениеводстве и экологии : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения ученого-микробиолога-агроэколога, заслуженного работника высшей школы России, заслуженного деятеля науки Северной Осетии, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Тимофеевича Фарниева, Владикавказ, 21 февраля 2017 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2017. – С. 45-48.

132. Попова, Н. П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа / Н. П. Попова, М. Е. Бельшкина, Т. П. Кобозева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 104-108. – DOI 10.26897/0021-342X-2018-1-104-108.

133. Попова, Н. П. Состав белкового комплекса семян сои северного экотипа в условиях высоких широт и ограниченного теплового ресурса / Т. П. Кобозева, М. Е. Бельшкина, Н. П. Попова // Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы : Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвящённой 50-летию образования Всероссийского НИИ сои, Благовещенск, 18 апреля 2018 года. – Благовещенск: ООО "ИПК "ОДЕОН", 2018. – С. 333-338.

134. Попова, Н. П. Оптимизация созревания и уборки сои в условиях Нечерноземной зоны России / Т. П. Кобозева, Н. П. Попова, М. Е.

Бельшкина // *Агроинженерия*. – 2020. – № 5(99). – С. 21-26. – DOI 10.26897/2687-1149-2020-5-21-26.

135. Попова, Н. П. Оптимизация продукционного процесса сортов сои северного экотипа в условиях Центрального Нечерноземья : специальность 06.01.09 "Овощеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Попова Наталья Павловна. – Тверь, 2009. – 22 с.

136. Посыпанов, Г. С. Соя в Подмосковье : сорта северного экотипа для Центрального Нечерноземья и технология их возделывания / Г. С. Посыпанов ; СОИСАФ. – Москва : МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. – 200 с.

137. Посыпанов, Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка [Текст] : монография / Г. С. Посыпанов. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 250 с.

138. Посыпанов, Г.С. Действие биологически активных веществ на рост и развитие растений сои, урожай и его качество / Г.С. Посыпанов, В.Н. Посыпанова, Чима Нворгу // *Известия ТСХА*.- 1993. - №2. - С.76 – 81.

139. Применение биопрепаратов экофус и циркон на льне-долгунце / Л. Э. Гунар, И. И. Дмитриевская, Л. А. Дорожкина [и др.] // *Агрохимия*. – 2017. – № 1. – С. 41-45.

140. Применение препаратов "Силиплант" и "Экофус" на этапе адаптации к нестерильным условиям клонового подвоя яблони 54-118 / С. В. Акимова, В. В. Киркач, О. Н. Аладина [и др.] // *Плодоводство и ягодоводство России*. – 2019. – Т. 59. – С. 11-18. – DOI 10.31676/2073-4948-2019-59-11-18.

141. Применение микроудобрительных смесей и биопрепаратов при возделывании сои / В. Г. Васин, Р. Н. Саниев, А. В. Васин [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2019. – № 2. – С. 47-52. – DOI 10.24411/0235-2516-2019-10027.

142. Применение современных стимуляторов роста при возделывании зернобобовых культур: гороха, нута, сои / В. Г. Васин, А. В. Васин, О.

Вершинина [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2-2(82). – С. 339-350.

143. Пути у совершенствования элементов технологии возделывания сои / Балакай Г. Т., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. и др. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – №. 4 (36).-С.100-120.

144. Рафальская, Н. Б. Фотосинтетическая и семенная продуктивность сои при применении приёмов биологизации её возделывания в Приамурье / Н. Б. Рафальская, В. Т. Синеговская, С. В. Рафальский // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2-2(82). – С. 305-308.

145. Романова, Е. В. Влияние биостимуляторов на рост и продуктивность растений сои / Е. В. Романова, М. С. Гинс // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. – 2006. – № 1. – С. 82-88.

146. Саниев, Р. Н. Показатели фотосинтетической деятельности растений сои при применении ростостимулирующих препаратов в лесостепи Среднего Поволжья / Р. Н. Саниев, А. В. Васин // Вклад молодых ученых в аграрную науку : Материалы Международной научно-практической конференции, Кинель, 17 апреля 2019 года. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 98-101.

147. Саенко, Г. М. Эффективность предпосевной обработки семян сои против болезней и вредителей всходов / Г. М. Саенко, Н. А. Бушнева // . – 2017. – № 1(169). – С. 75-82.

148. Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб./Росстат –С 29 М., 2021. – 100 с.

149. Сеферова, И. В. Соя в условиях северо-запада Российской Федерации / И. В. Сеферова // . – 2016. – № 3(167). – С. 101-105.

150. Сеферова, И. В. Климатические факторы, влияющие на развитие скороспелых образцов сои в условиях северо-запада РФ / И. В. Сеферова, Л.

Ю. Новикова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2015. – Т. 176, № 1. – С. 88-97. – DOI 10.30901/2227-8834-2015-1-88-97.

151. Синеговская, В. Т. Содержание белка и жира в семенах сортов сои различного генетического происхождения / В. Т. Синеговская, В. В. Очкурова, М. О. Синеговский // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 5. – С. 15-19. – DOI 10.31857/S250026272005004X.

152. Синеговская, В. Т. Влияние продолжительности светового дня на рост, развитие и продуктивность сои / В. Т. Синеговская, А. Н. Левина // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – № 2(54). – С. 47-55. – DOI 10.24411/1999-6837-2020-12021.

153. Синеговская, В. Т. Зависимость урожайности сои от эколого-агрохимических факторов / В. Т. Синеговская, Е. Т. Наумченко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 3. – С. 16-18. – DOI 10.31857/S2500-26272019316-18.

154. Сихарулидзе, Т. Д. Влияние температурного режима на продолжительность вегетационного периода и урожайность сои в условиях Центрального Нечерноземья / Т. Д. Сихарулидзе, В. К. Храмой // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 32-39.

155. Скрипко, О. В. Разработка технологии функциональных продуктов питания на основе сои и папоротника / О. В. Скрипко, О. В. Литвиненко, О. В. Покотило // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 6(129). – С. 96-103.

156. Соевое масло как ресурс для биотоплива / Т. П. Кобозева, А. Г. Левшин, С. Н. Девянин, В. А. Марков // . – 2021. – № 1(30). – С. 104-113.

157. Созонова, А. Н. Урожайность и качество семян скороспелых сортов сои в Тюменской области / А. Н. Созонова, А. С. Иваненко // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 4(24). – С. 98-102.

158. Созонова, А. Н. Фенологическое развитие сортов сои сибирского и северного экотипов в лесостепи Тюменской области / А. Н. Созонова // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодёжи :

Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных, Лесниково, 29 ноября 2017 года. – Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2017. – С. 287-291.

159. Соколова, С. С. Продолжительность вегетации и особенности формирования урожая зернобобовых культур на дерново-подзолистых почвах центрального региона / С. С. Соколова, Г. Г. Гатаулина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 1. – С. 19-23.

160. Соколова, С. С. Влияние метеорологических условий на формирование урожая люпина узколистного, кормовых бобов и сои при выращивании в Московской области / С. С. Соколова, Г. Г. Гатаулина // Люпин - его возможности и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию со дня основания Всероссийского научно-исследовательского института люпина, Брянск, 12–14 июля 2012 года. – Брянск: Издательство "Читай-город", 2012. – С. 138-144.

161. Сорокина, А. В. Влияние климатических факторов на развитие и формирование хозяйственно ценных признаков овса / А. В. Сорокина, Г. Н. Комарова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 6(241). – С. 55-60.

162. Сорты сои северного экотипа (возможные районы возделывания) / Г. С. Посыпанов, Т. П. Кобозева, В. Н. Посыпанова [и др.] // . – 2006. – № 7. – С. 11-14.

163. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии / В. Е. Ториков, С. А. Бельченко, А. В. Дронов [и др.]. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2019. – 284 с. – ISBN 978-5-88517-318-6.

164. Соя в России - действительность и возможность / В. М. Лукомец, А. В. Кочегура, В. Ф. Баранов, В. Л. Махонин // Посібник українського хлібороба : Науково-практичний збірник. Том 2. – Вінниця : Інститут рослинництва ім. В.Я. Юрева, 2013. – С. 241-256.

165. Стаценко, Е. С. Изучение и сравнительный анализ биохимического состава сортов сои, пригодных для производства продуктов питания / Е. С. Стаценко, Н. Ю. Корнева // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 5. – С. 65-68. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-10516.

166. Тимохин, А. Ю. Повышение продуктивности зернобобовых культур на лугово-черноземных почвах Омского Прииртышья : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Тимохин АРТЕМ ЮРЬЕВИЧ. – Красноярск, 2017. – 186 с.

167. Тимохин, А. Ю. Влияние ризоторфина на развитие сортов сои селекции СибНИИСХ при орошении в южной лесостепи Западной Сибири / А. Ю. Тимохин, Л. В. Омелянюк, В. С. Бойко // . – 2016. – № 3(167). – С. 53-58.

168. Тишков, Н. М. Эффективность некорневой подкормки сои микроудобрениями на чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья / Н. М. Тишков, А. А. Дряхлов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2014. – № 1(157-158). – С. 55-59.

169. Тишкова, А. Г. Агроэкологическая оценка влияния фитосанитарных мероприятий на развитие болезней и урожайность сои в Хабаровском крае / А. Г. Тишкова, Т. А. Асеева, Е. В. Золотарева // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 36-39.

170. Толмачев, М. В. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сои сорта Лидия в зависимости от технологии возделывания / М. В. Толмачев, А. Н. Гайдученко // . – 2015. – № 3. – С. 31-33.

171. Трофимова, Т. Ф. Влияние бактериальных препаратов и стимуляторов роста на продуктивность сои в условиях Кузнецкой лесостепи : специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Трофимова Татьяна Федоровна. – Новосибирск, 2012. – 17 с.

172. Трунова, М. В. Модель раннеспелого сорта сои для южно-европейской части России / М. В. Трунова // . – 2017. – № 2(170). – С. 27-36.

173. Трунова, М. В. Особенности высокопродуктивных раннеспелых сортов сои, адаптированных к возделыванию в условиях Западного Предкавказья / М. В. Трунова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11-5(53). – С. 52-55. – DOI 10.18454/IRJ.2016.53.183.

174. Удобрение сои на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья / А. В. Дозоров, А. Х. Куликова, Н. Г. Захаров [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 4. – С. 76-79. – DOI 10.24411/2587-6740-2019-14071.

175. Ускоренное размножение и получение высококачественных оригинальных семян сои / З. Р. Цуканова, Е. В. Кирсанова, Е. В. Латынцева, Н. В. Котов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 2(22). – С. 87-93.

176. Фадеев, А. А. Оценка раннеспелых сортообразцов сои северного экотипа чувашской селекции по основным хозяйственно ценным признакам в конкурсном сортоиспытании / А. А. Фадеев, М. Ф. Фадеева, Л. В. Воробьева // . – 2016. – № 2(166). – С. 57-62.

177. Фадеева, М. Ф. Влияние погодных условий на признаки технологичности и урожайности сои в северо-восточной части РФ / М. Ф. Фадеева, Л. В. Воробьева, О. Л. Матвеева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 5(66). – С. 59-63. – DOI 10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63.

178. Фадеева, М. Ф. Влияние способов посева на формирование числа семян в бобах сои / М. Ф. Фадеева, Л. В. Воробьева, О. Л. Матвеева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1(25). – С. 40-42.

179. Факторы агротехники, влияющие на формирование урожая и качества зерна сои / Н. Н. Лысенко, С. Н. Петрова, Ю. В. Кузмичева [и др.] // . – 2017. – № 1(64). – С. 19-27.

180. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах [Текст] : (Методы и задачи учета в связи с формированием урожая) / Акад. наук СССР. Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева ; А. А. Ничипорович, Л. Е. Строгонова, С. Н. Чмора, М. П. Власова. - Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1961. - 135 с.
181. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сои в зависимости от активности симбиоза / О. Г. Шабалдас, О. М. Агафонов, А. С. Голубь [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2018. – № 1(34). – С. 7-11.
182. Хамоков, Х. А. Влияние сортовой специфичности и условий возделывания сои на симбиотическую деятельность посевов / Х. А. Хамоков // . – 2015. – № 3-2. – С. 63-66.
183. Хохоева, Н. Т. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на продуктивность посевов сои / Н. Т. Хохоева // Научная жизнь. – 2015. – № 2. – С. 32-37.
184. Храмой, В. К. Обоснование оптимального срока посева сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / В. К. Храмой, Т. Д. Сихарулидзе, О. В. Рахимова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3(43). – С. 98-102. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-3-98-102.
185. Циркон, Эпин-экстра и силиплант в инновационных технологиях возделывания зерновых культур / Л. А. Дорожкина, П. Е. Пузырьков, Н. И. Добрева, В. Н. Рыбина // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 4. – С. 40-45.
186. Шаповалов, А. А. Отечественные регуляторы роста растений / А. А. Шаповалов, Н. Ф. Зубкова // Агрехимия. – 2003. – № 11. – С. 33-47.
187. Шаповал, О. А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях / О. А. Шаповал, И. П. Можарова, А. А. Коршунов // Защита и карантин растений. – 2014. – № 6. – С. 16-20.

188. Шаповал, О. А. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве / О. А. Шаповал, И. П. Можарова // Защита и карантин растений. – 2019. – № 4. – С. 9-14.

189. Шаповал, О. А. Влияние регуляторов роста растений нового поколения на рост и продуктивность растений сои / О. А. Шаповал, И. П. Можарова, М. Т. Мухина // Плодородие. – 2015. – № 5(86). – С. 32-34.

190. Шаповал, О. А. Фотосинтез и продуктивность сои при использовании регуляторов роста растений комплексного действия / О. А. Шаповал, М. Т. Мухина // Агро XXI. – 2015. – № 4-6. – С. 28-29.

191. Шпанев, А. М. Фитосанитарные аспекты возделывания сои в Центральном Черноземье / А. М. Шпанев // Защита и карантин растений. – 2012. – № 3. – С. 40-42.

192. Шпилев, Н. Б. Влияние десикации на посевные и биохимические качества семян и продуктивность сортов сои различных групп спелости / Н. Б. Шпилев // Дальневосточный аграрный вестник. – 2016. – № 2(38). – С. 33-37.

193. Шукис, Е. Р. Характеристика сортов сои различных групп спелости и их реакция на гидротермические условия среды / Е. Р. Шукис, В. Н. Мухин, С. К. Шукис // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1(159). – С. 23-29.

194. Щегорец, О. В. Соеводство / О. В. Щегорец. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Благовещенск : ООО ИК "РИО", 2018. – 600 с. – ISBN 978-5-00006-020-9.

195. Щегольков, А. В. Эффективность некорневых подкормок сои серным, молибденовым и борным удобрениями на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья : специальность 06.01.04 "Агрохимия" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Щегольков Альберт Валерьевич. – Ставрополь, 2017. – 22 с.

196. Юсова, О. А. Характеристика урожайности и качества зерна нового перспективного сорта сои Сибирячка в условиях южной лесостепи

Западной Сибири / О. А. Юсова, А. М. Асанов, Л. В. Омелянюк // . – 2016. – № 3(167). – С. 27-32.

197. Экзогенная регуляция роста и развития растений сои сорта Ланцетная в условиях Орловской области / Е. В. Кирсанова, А. К. Злотников, З. Р. Цуканова [и др.] // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2(35). – С. 14-18.

198. Экономическая эффективность применения регуляторов роста растений в технологии возделывания озимой пшеницы / С. Б. Говоркова, Р. М. Гафуров, Е. В. Калабашкина, Л. П. Абрамкина // Защита и карантин растений. – 2019. – № 8. – С. 15-17.

199. Ahmad, Shakeel, SHENG, Zhonghua, JALAL, Rewaa S., et al. CRISPR–Cas technology towards improvement of abiotic stress tolerance in plants. *In : CRISPR and RNAi Systems. Elsevier, 2021. p. 755-772.*

200. Agarwal, Neha, Ashok, Kumar, Sanjay, Agarwal, et al. Evaluation of soybean (*Glycine max* L.) cultivars under salinity stress during early vegetative growth. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2015, vol. 4, no 2, p. 123-134.

201. Agawane, Rahul B., Parhe, Sachin D., et al. Effect of seed priming on crop growth and seed yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *The Bioscan*, 2015, vol. 10, no 1, p. 265-270.

202. Aleem, Muqadas, Aleem, Saba, Sharif, Iram, et al. Characterization of SOD and GPX gene families in the soybeans in response to drought and salinity stresses. *Antioxidants*, 2022, vol. 11, no 3, p. 460.

203. Andy, Saryoko, Homma, Koki, Lubis, Iskandar, et al. Plant development and yield components under a tropical environment in soybean cultivars with temperate and tropical origins. *Plant Production Science*, 2017, vol. 20, no 4, p. 375-383.

204. Anderson, Martha C., Zolin, Cornelio A., Sentelhas, Paulo C., et al. The Evaporative Stress Index as an indicator of agricultural drought in Brazil: An

assessment based on crop yield impacts. *Remote Sensing of Environment*, 2016, vol. 174, p. 82-99.

205. Assefa, Yared, Purcell, Larry C., Salmeron, Montse, et al. Assessing variation in US soybean seed composition (protein and oil). *Frontiers in Plant Science*, 2019, vol. 10, p. 298.

206. Ault, Toby R. On the essentials of drought in a changing climate. *Science*, 2020, vol. 368, no 6488, p. 256-260.

207. Ayman EL, Sabagh, Hossain, Akbar, Islam, Mohammad Shohidul, et al. Sustainable soybean production and abiotic stress management in saline environments: A critical review. *Australian Journal of Crop Science*, 2019, vol. 13, no 2, p. 228-236.

208. Badou ., Akondé P. T., Adjanohoun A., Adjé . T., Aïhou K. and Igué A. M. Effects of different soybean residue management systems on the maize yields in the agroecological conditions of the central region of Benin Republic, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 2013, p. 34-38.

209. Basal, Oqba et Szabó, András. The combined effect of drought stress and nitrogen fertilization on soybean. *Agronomy*, 2020, vol. 10, no 3, p. 384.

210. Battisti, Rafael, Sentelhas, Paulo C., Boote, Kenneth J., et al. Assessment of soybean yield with altered water-related genetic improvement traits under climate change in Southern Brazil. *European Journal of Agronomy*, 2017, vol. 83, p. 1-14.

211. Battisti, Rafael, Sentelhas, Paulo C., Parker, Phillip S., et al. Assessment of crop-management strategies to improve soybean resilience to climate change in Southern Brazil. *Crop and Pasture Science*, 2018, vol. 69, no 2, p. 154-162.

212. Board, James E. et Kahlon, Charanjit S. Soybean yield formation: what controls it and how it can be improved. *Soybean physiology and biochemistry*, 2011, p. 1-36.

213. Boote, Kenneth J. Improving soybean cultivars for adaptation to climate change and climate variability. *Crop adaptation to climate change*, 2011, p. 370-395.
214. Board, James E. et Modali, Harikrishna. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. *Crop science*, 2005, vol. 45, no 5, p. 1790-1799.
215. Borowska, Magdalena et Prusiński, Janusz. Effect of soybean cultivars sowing dates on seed yield and its correlation with yield parameters. *Plant, Soil and Environment*, 2021, vol. 67, no 6, p. 360-366.
216. Brenner, H., Kkeller, E. R., et Soldati, A. *Effects of cool temperatures on the development of shoots, roots and reproductive organs of soybean plants*. 1984.
217. Byth, D. E. Comparative photoperiodic responses for several soya bean varieties of tropical and temperate origin. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1968, vol. 19, no 6, p. 879-890.
218. Carpenter, A. C. et Board, J. E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations. *Crop Science*, 1997, vol. 37, no 5, p. 1520-1526.
219. Kpenavoun, C. S., Okry, F., Santos, F., *et al.* Efficacité technique des producteurs de soja du Bénin. *Annales des sciences agronomiques*, 2018, vol. 22, no 1, p. 93-110.
220. Chogou, S. Kpenavoun, Chogou, Kpenavoun, Kpadé, C. P., *et al.* Institut National des Recherch. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*, 2018, p.1-11.
221. Djanaguiraman, M., Prasad, PV Vara, Boyle, D. L., *et al.* High-temperature stress and soybean leaves: Leaf anatomy and photosynthesis. *Crop Science*, 2011, vol. 51, no 5, p. 2125-2131.
222. Dhanya, P., Ramachandran, A., *et al.* Farmers' perceptions of climate change and the proposed agriculture adaptation strategies in a semi arid region of

south India. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 2016, vol. 13, no 1, p. 1-18.

223. Dossou, Ayidé Aristide Armel, Vodouhe, Fifanou G., Yegbemey, Rosaine N., et al. Accès au crédit et performance économique et financière des exploitations de l'Union Nationale des Producteurs de Soja au Centre du Bénin. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 2019, vol. 9, no 1, p. 79-94.

224. El-shemy, Hany (ed.). *Soybean and nutrition*. bod-books on Demand, 2011.

225. Ellen, J. et Spiertz, J. H. J. The influence of nitrogen and benlate on leaf-area-duration grain growth and pattern of N-, P-and K-uptake of winter wheat [*Triticum aestivum*]. *Zeitschrift fuer Acker und Pflanzenbau*, 1975.

226. Egli, D. B. et zhen-wen, Yu. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. *Crop Science*, 1991, vol. 31, no 2, p. 439-442.

227. Egli, D. B. Cultivar maturity and response of soybean to shade stress during seed filling. *Field Crops Research*, 1997, vol. 52, no 1-2, p. 1-8.

228. Ergo, Verónica V., Veas, Rodolfo E., Vega, Claudia RC, et al. Leaf photosynthesis and senescence in heated and droughted field-grown soybean with contrasting seed protein concentration. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2021, vol. 166, p. 437-447.

229. Fageria, Nand Kumar, Baligar, Virupax C., et Clark, Ralph. *Physiology of crop production*. crc Press, 2006.

230. Faizal, A et al. Performance of smallholder soybean farmers in Ghana; evidence from Upper West Region of Ghana, *Journal of Agriculture and Food Research*, 2021, Volume 4, p. 1-7.

231. FAO. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (17/03/2023).

232. Foyer, Christine H., Siddique, Kadambot hm, Tai, Amos PK, et al. Modelling predicts that soybean is poised to dominate crop production across Africa. *Plant, Cell & Environment*, 2019, vol. 42, no 1, p. 373-385.

233. Frederick, James R., Camp, Carl R., et Bauer, Philip J. Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean. *Crop science*, 2001, vol. 41, no 3, p. 759-763.
234. Goodman, Robert M. et Kiser, Jack. Biotechnology and its impact on future developments in soybean production and use. In : *World soybean research conference III: Proceedings*. CRC Press, 2022. p. 261-271.
235. Hasanuzzaman, Mirza, Nahar, Kamrun, et Fujita, Masayuki. Extreme temperature responses, oxidative stress and antioxidant defense in plants. *Abiotic stress-plant responses and applications in agriculture*, 2013, vol. 13, p. 169-205.
236. Hesketh, J. D., Myhre, D. L., et Willey, C. R. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans 1. *Crop Science*, 1973, vol. 13, no 2, p. 250-254.
237. Howell, P. W. et Bernard, R. Z. Plant Growth Regulator Potential on the plants. *Am. Chem. Soc., Washington*, 1961, p. 68-71.
238. Houngnandan P., et al. Determinants of soybean [Glycine max (L.)Merrill] production system in Benin, *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 2015, Volume – 3(V). p. 10.
239. Jaybhay, S. A., Taware, S. P., et Varghese, Philips. Microbial inoculation of Rhizobium and phosphate-solubilizing bacteria along with inorganic fertilizers for sustainable yield of soybean [Glycine max (L.) Merrill]. *Journal of plant nutrition*, 2017, vol. 40, no 15, p. 2209-2216.
240. Jumrani, Kanchan et Bhatia, Virender Singh. Impact of combined stress of high temperature and water deficit on growth and seed yield of soybean. *Physiology and Molecular biology of Plants*, 2018, vol. 24, no 1, p. 37-50.
241. Jumrani, Kanchan et Bhatia, Virender Singh. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 2019, vol. 25, no 3, p. 667-681.

242. Kantolic, Adriana G. et Slafer, Gustavo A. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. *Field Crops Research*, 2001, vol. 72, no 2, p. 109-118.

243. Kantolic, Adriana G. et Slafer, Gustavo A. Development and seed number in indeterminate soybean as affected by timing and duration of exposure to long photoperiods after flowering. *Annals of botany*, 2007, vol. 99, no 5, p. 925-933.

244. Kawasaki, Yohei, Yamazaki, Ryo, et Katayama, Katsuyuki. Effects of late sowing on soybean yields and yield components in southwestern Japan. *Plant Production Science*, 2018, vol. 21, no 4, p. 339-348.

245. Kothari, Kritika, Battisti, Rafael, Boote, Kenneth J., *et al.* Are soybean models ready for climate change food impact assessments?. *European Journal of Agronomy*, 2022, vol. 135, p. 126482.

246. Kpenavoun , C,et al. Etat des lieux de l'étude de définition du Projet d'Accès aux Services Agricoles par les TIC (PASA-TIC), 2015 .pp 51.

247. Itinéraire technique du soja, [http://www.fredon972.org/wpcontent/uploads/2016/02/Soja\\_RPicard\\_IT\\_092011\\_compression](http://www.fredon972.org/wpcontent/uploads/2016/02/Soja_RPicard_IT_092011_compression), p.16.

248. Magalí, Nico, Mantese, Anita I., Miralles, Daniel J., *et al.* Soybean fruit development and set at the node level under combined photoperiod and radiation conditions. *Journal of experimental botany*, 2016, vol. 67, no 1, p. 365-377.

249. Miladinov, Zlatica, Maksimovic, I., Tubic, S. Balesevic, *et al.* The impact of water deficit on the soybean (*Glycine max* L.) reproductive stage of development. *Legume Research-An International Journal*, 2020, vol. 43, no 5, p. 693-697.

250. Milton E. Pereira-flores et Justino, Flávio B. Yield components and biomass partition in soybean: Climate change vision. In : *Soybean-Biomass, Yield and Productivity*. IntechOpen, 2019.

251. Mimi, Ziad A. et Jamous, Sireen Abu. Climate change and agricultural water demand: Impacts and adaptations. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2010, vol. 4, no 4.

252. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). Evaluation de la production vivrière 2015 et des perspectives alimentaires pour 2016 au Bénin rapport général volume 1, 221 pages, . URL: [www.onasa-benin.org/.../Rapport\\_20d\\_27\\_C3\\_A9vluation\\_202015-2016\\_20Vol\\_20](http://www.onasa-benin.org/.../Rapport_20d_27_C3_A9vluation_202015-2016_20Vol_20). (20. 05. 2022).

253. Mittler, Ron. Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in plant science*, 2006, vol. 11, no 1, p. 15-19.

254. Moreira, Adônis, Moraes, Larissa AC, Schroth, Götz, *et al.* Effect of nitrogen, row spacing, and plant density on yield, yield components, and plant physiology in soybean–wheat intercropping. *Agronomy Journal*, 2015, vol. 107, no 6, p. 2162-2170.

255. Moretti, Luiz Gustavo, Crusciol, Carlos AC, Kuramae, Eiko E., *et al.* Effects of growth-promoting bacteria on soybean root activity, plant development, and yield. *Agronomy Journal*, 2020, vol. 112, no 1, p. 418-428.

256. Mourtzinis, Spyridon, Specht, James E., et Conley, Shawn P. Defining optimal soybean sowing dates across the US. *Scientific Reports*, 2019, vol. 9, no 1, p. 2800.

257. McWilliams, D. A., Berglund, Duane Raymond, et Endres, G. J. Soybean growth and management quick guide. 1999.

258. Nico, Magalí, Miralles, Daniel J., et Kantolic, Adriana G. Post-flowering photoperiod and radiation interaction in soybean yield determination: Direct and indirect photoperiodic effects. *Field Crops Research*, 2015, vol. 176, p. 45-55.

259. Ollabode, N., Tovihoudji, P., Labiyi, A., *et al.* Déterminants du rendement de soja dans la commune de N'Dali au nord Bénin. *Ann. UP, Série Sci. Nat. Agron. Horssérie*, 2017, vol. 1, p. 35-42.

260. Oloumilade, Marcellin O. et Yabi, Jacob A. Facteurs explicatifs de l'adoption des variétés améliorées de soja dans le département du Borgou au Nord du Bénin. *les cahiers du cread*, 2019, vol. 35, no 1, p. 51-76.

261. Parent, Boris et Tardieu, François. Temperature responses of developmental processes have not been affected by breeding in different ecological areas for 17 crop species. *New Phytologist*, 2012, vol. 194, no 3, p. 760-774.

262. Parađiković, Nada, Vinković, Tomislav, Vinković Vrček, Ivana, *et al.* Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011, vol. 91, no 12, p. 2146-2152.

263. Quinsac, Alain, Labalette, Françoise, Carré, Patrick, *et al.* Simulation technico-économique d'une filière locale de valorisation du soja en alimentation animale dans le Sud-Ouest de la France. *OCL*, 2015, vol. 22, no 5, p. D506.

264. Qian, Budong, Smith, Ward, Jing, Qi, *et al.* Climate conditions in the near-term, mid-term and distant future for growing soybeans in Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 2022.

265. Raza, Muhammad Ali, Feng, Ling Yang, IQBAL, Nasir, *et al.* Growth and development of soybean under changing light environments in relay intercropping system. *PeerJ*, 2019, vol. 7, p. e7262.

266. Schoving, Céline, Alric, F., Berger, M., *et al.* Comprendre et prédire la phénologie du soja pour adapter la culture à de nouveaux environnements climatiques. *Innovations Agronomiques*, 2019, vol. 74, p. 1-14.

267. Sobko, Olena, Stahl, Andreas, Hahn, Volker, *et al.* Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) Merr) production in central and South Germany. *Agronomy*, 2020, vol. 10, no 12, p. 1847.

268. Thomey, Michell L., Slattery, Rebecca A., Köhler, Iris H., *et al.* Yield response of field-grown soybean exposed to heat waves under current and elevated [CO<sub>2</sub>]. *Global Change Biology*, 2019, vol. 25, no 12, p. 4352-4368.

269. Tong, Zhe, Han, Tianfu, WU, Cunxiang, *et al.* Postflowering photoperiod regulates vegetative growth and reproductive development of

soybean. *Environmental and Experimental Botany*, 2006, vol. 55, no 1-2, p. 120-129.

270. Thuzar, Myint. The Effects of Temperature Stress on the Quality and Yield of Soya Bean [(*Glycine max* L.) Merrill.]. 2010.

271. Tripathi, Pooja, NA, Chae-In, et Kim, Yoonha. Effect of silicon fertilizer treatment on nodule formation and yield in soybean (*Glycine max* L.). *European Journal of Agronomy*, 2021, vol. 122, p. 126172.

272. Tovihoudji, Pierre G., Adjiba, S. T. C., Ollabode, N., *et al.* Analyse financiere de la production du maïs sous différentes pratiques de gestion de la fertilité des sols au nord Bénin. *Agronomie Africaine*, 2021, vol. 33, no 3, p. 383-395.

273. Tostivint, Clément, Faessel, Ludovic, et Nassr, Najat. Informations sur le projet. 2014.

274. Van Oosten, Michael James, Pepe, Olimpia, DE Pascale, Stefania, *et al.* The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 2017, vol. 4, p. 1-12.

275. Vodounou, Jean Bosco K. et Onibon Doubogan, Yvette. Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin. *Cybergeo: European Journal of Geography*, 2016.

276. Wilcox, J. R. et Frankenberger, E. M. Indeterminate and Determinate Soybean Responses to Planting Date 1. *Agronomy Journal*, 1987, vol. 79, no 6, p. 1074-1078.

277. West, Charles A. Plant Hormones: Section c: Gibberellins. In : *Comprehensive Biochemistry*. Elsevier, 1963. p. 151-158.

278. Yaï, Dimon E., Yabi, Jacob A., Biaou, Gauthier, *et al.* Productivité agricole et sécurité alimentaires des ménages agricoles du Bénin: Approche des orthodoxes. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2020, vol. 29, no 4, p. 1199-1215.

279. Yang, Zhiyuan, Zhang, Zuolin, Zhang, Tong, *et al.* The effect of season-long temperature increases on rice cultivars grown in the central and southern regions of China. *Frontiers in plant science*, 2017, vol. 8, p. 1908.

280. Zancran, D. Sandrine, Assogba, S. Claude-Gervais, et Diogo, Rodrigue V. Cao. Perception de l'efficacité des outils d'information et de communication dans la diffusion des pratiques de restauration des terres au Nord-Bénin. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 2022, vol. 12, no 2, p. 1-12.

281. Zhang, Xiao et CAI, Ximing. Climate change impacts on global agricultural water deficit. *Geophysical Research Letters*, 2013, vol. 40, no 6, p. 1111-1117.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Метеорологические условия вегетационного периода 2019 года  
(по наблюдениям Метеорологической обсерватории им.В.А.Михельсона)

Месяц	Декада	Температура, °С			Осадки, мм		
		За текущий год	Средне-Много-летнее значение	+/-, к средне-много-летней	За текущий год	Средне-Много-летнее значение	+/-, к средне-много-летней
Май	I	13,8	11,9	+1,9	39,1	15	+24,1
	II	15,8	13,1	+2,7	15,2	18	-2,8
	III	18,7	14,3	+4,4	4,0	20	-16
	<b>За месяц</b>	<b>16,1</b>	<b>13,1</b>	<b>+3</b>	<b>58,3</b>	<b>53</b>	<b>+5,3</b>
Июнь	I	21	15,9	+5,1	0	26	-26
	II	19,6	16,5	+3,1	9,2	29	-19,8
	III	18,2	17,8	+0,4	45,4	22	+23,4
	<b>За месяц</b>	<b>19,6</b>	<b>16,8</b>	<b>+2,8</b>	<b>54,6</b>	<b>77</b>	<b>-22,4</b>
Июль	I	16,2	18	-1,8	5,6	35	-29,4
	II	15,7	18,6	-2,9	52,1	30	+22,1
	III	18,2	18,3	-0,1	6,2	26	-19,8
	<b>За месяц</b>	<b>16,7</b>	<b>18,3</b>	<b>-1,6</b>	<b>63,9</b>	<b>91</b>	<b>-27,1</b>
Август	I	14,2	18,3	-4,1	36,1	26	+10,1
	II	17,6	16,6	+1	12,2	23	-10,8
	III	17,4	15,3	+2,1	0	29	-29
	<b>За месяц</b>	<b>16,4</b>	<b>16,7</b>	<b>-0,3</b>	<b>48,3</b>	<b>78</b>	<b>-29,7</b>

Приложение Б

Метеорологические условия вегетационного периода 2020года  
(по наблюдениям Метеорологической обсерватории им.В.А.Михельсона)

Месяц	Декада	Температура, °С			Осадки, мм		
		За текущий год	Средне-Много-летнее значение	+/-, к средне-много-летней	За текущий год	Средне-Много-летнее значение	+/-, к средне-много-летней
Май	I	13,2	11,9	+1,3	24,6	15	+9,6
	II	10,4	13,1	-2,7	15,7	18	-2,3
	III	11,4	14,3	-2,9	122,3	20	+102,3
	<b>За месяц</b>	<b>11,7</b>	<b>13,1</b>	<b>-1,4</b>	<b>162,6</b>	<b>53</b>	<b>+109,6</b>
Июнь	I	16,6	15,9	+0,7	83,1	26	+57,1
	II	20,8	16,5	+4,3	100,9	29	+71,9
	III	19,5	17,8	+1,7	16,8	22	-5,2
	<b>За месяц</b>	<b>19,0</b>	<b>16,8</b>	<b>+2,2</b>	<b>200,8</b>	<b>77</b>	<b>+123,8</b>
Июль	I	20,2	18	+2,2	65,3	35	+30,3
	II	17,9	18,6	-0,7	50,8	30	+20,8
	III	17,6	18,3	-0,7	64,5	26	+38,5
	<b>За месяц</b>	<b>18,6</b>	<b>18,3</b>	<b>+0,3</b>	<b>180,6</b>	<b>91</b>	<b>+89,6</b>
Август	I	18,9	18,3	+0,6	1,0	26	-25
	II	15,7	16,6	-0,9	10,2	23	-12,8
	III	17,7	15,3	+2,4	29,1	29	+0,1
	<b>За месяц</b>	<b>17,4</b>	<b>16,7</b>	<b>+0,7</b>	<b>40,3</b>	<b>78</b>	<b>-37,7</b>
Сентябрь	I	16,7	13,5	+3,2	18,2	23	-4,8
	II	11,9	10,9	+1,0	46,0	22	+24
	III	13,3	8,8	+4,5	2,7	20	-17,3
	<b>За месяц</b>	<b>14,0</b>	<b>11,0</b>	<b>+3,0</b>	<b>66,9</b>	<b>65</b>	<b>+1,9</b>

Приложение В

Метеорологические условия вегетационного периода 2022года  
(по наблюдениям Метеорологической обсерватории им.В.А.Михельсона)

Месяц	Декада	Температура, °С			Осадки, мм		
		За текущий год	Средне-Много-летнее значение	+/-, к средне-много-летней	За текущий год	Средне-Много-летнее значение	+/-, к средне-много-летней
Май	I	9,7	11,9	-2,2	6,9	15	-8,1
	II	11,3	13,1	-1,8	25,7	18	+7,7
	III	10,8	14,3	-3,5	42,5	20	+22,5
	<b>За месяц</b>	<b>10,6</b>	<b>13,1</b>	<b>-2,5</b>	<b>75,1</b>	<b>53</b>	<b>+22,1</b>
Июнь	I	17,8	15,9	+1,9	20,5	26	-5,5
	II	17,9	16,5	+1,4	26,6	29	-2,4
	III	20,6	17,8	+2,8	1,8	22	-20,2
	<b>За месяц</b>	<b>18,8</b>	<b>16,8</b>	<b>+2,0</b>	<b>48,9</b>	<b>77</b>	<b>-28,1</b>
Июль	I	21,7	18	3,7	43,9	35	+8,9
	II	19,2	18,6	+0,6	4,9	30	-25,1
	III	21,0	18,3	+2,7	41,9	26	+15,9
	<b>За месяц</b>	<b>20,6</b>	<b>18,3</b>	<b>+2,3</b>	<b>90,7</b>	<b>91</b>	<b>-0,3</b>
Август	I	21,5	18,3	+3,2	2,1	26	-23,9
	II	21,8	16,6	+5,2	0,1	23	-22,9
	III	23,1	15,3	+7,8	0,9	29	-28,1
	<b>За месяц</b>	<b>22,1</b>	<b>16,7</b>	<b>+5,4</b>	<b>3,1</b>	<b>78</b>	<b>-74,9</b>
Сентябрь	I	9,40	13,5	-4,1	8,2	23	-14,8

Приложение Г

Агротехническая часть технологической карты возделывания сои

Наименования работ	Состав агрегата		параметры	время, час	дата
	трактор	с.-х. машины			
Вспашка	John Deere6920	Lemken EurOpal	Глубина 20 см.	30мин-час	Октябрь 2018г., 2019г., 2021 г.
Фрезерование	John Deere6920	Amazone KE303	Глубина 8 см	30мин-час	Мая 2018г., 2019г., 2021г.
Посев	John Deere6920	Amazone ED 02	500.тыс. всхожести. Семян.га (50 семян.м <sup>2</sup> )	1ч-1,5ч	06.05.2019 28.05.2020 25.05.2022
Междурядная обработка	Ручная	–	-	8ч	-
Междурядная обработка с внесением БАВ	Ручная	лазурит 5л	-	1,5ч	13.06.2019 10.07.2020 05.07.2022
десикация	John Deere6920	Amazone UF 901	1,5л/га	25мин	01.09.2020
Прямое комбайнирование	Ростов Сампо 2010	Ростов Сампо 2010	-	1,5ч	09.09.2019 25.09.2020 10.10.2022

Число семян в бобе, шт и высота прикрепления нижнего боба сорта, см

Сорта	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Средняя за 3 года
Число семян в бобе, шт				
Магева	1,9	2,30	2,21	2,14
Светлая	2,2	2,10	2,13	2,14
Касатка	2,1	2,25	2,24	2,20
Малета	1,8	2,03	1,94	1,92
Георгия	2,0	2,20	2,27	2,16
Окская	2,0	2,25	2,36	2,20
НСР <sub>05</sub>	0,21	0,15	0,13	-
Высота прикрепления нижнего боба, см				
Магева	11,0	10,6	11,8	11,1
Светлая	7,80	12,1	7,48	9,13
Касатка	8,59	8,83	9,45	8,96
Малета	8,30	10,3	9,49	9,36
Георгия	8,30	15,4	9,49	11,1
Окская	8,80	9,9	10,1	9,60
НСР <sub>05</sub>	1,92	2,02	1,85	-

Приложение Е

Влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений на величину сырой массы, кг/га

Варианты	Цветение	Конец цветения	Выполненные бобы
Контроль	2618	3144	2637
Эпин-Экстра	3023	3958	3216
Циркон	3457	4064	3883
Силиплант	3180	3887	3596
ЭкоФус	2976	4132	3614
НСР <sub>05</sub>	267	401	298

Приложение Ж

Влияние регуляторов роста и органоминеральных удобрений на величину сухой массы, т/га

Варианты	2019 г.	2020 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Контроль	2,44	6,26	2,93	3,88
Эпин-Экстра	3,58	6,96	3,51	4,68
Циркон	3,51	8,29	3,87	5,22
Силиплант	3,00	8,10	4,18	5,09
ЭкоФус	2,63	8,51	4,03	5,06
НСР <sub>05</sub>	0,44	1,36	0,87	-



Рисунок 1. Посев сои



Рисунок 2.Обработка растений



Рисунок 3. Биометрические учеты и анализы



Магева



Светлая



Касатка



Малета



Геоργия



Окская

Рисунок 4. Семена сортов сои