

На правах рукописи

Бельшкіна Марина Евгеньевна

**АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННОГО
ПРОЦЕССА РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ**

Специальность 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Саратов – 2022

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Научный консультант: **Кобозева Тамара Петровна,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Асеева Татьяна Александровна,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-
корреспондент РАН, директор федерального
государственного бюджетного учреждения науки
«Хабаровский федеральный исследовательский центр
Дальневосточного отделения Российской академии наук –
Дальневосточный научно-исследовательский институт
сельского хозяйства»

Головина Екатерина Владиславовна,
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный
сотрудник селекционно-семеноводческого центра сои
федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный научный центр зернобобовых
и крупяных культур»

Балакай Георгий Трифионович,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный
научный сотрудник отдела сельскохозяйственных
мелиораций федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Российский научно-
исследовательский институт проблем мелиорации»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Белгородский
государственный аграрный университет имени
В.Я. Горина»

Защита диссертации состоится 31 августа 2022 г. в ___ часов на заседании диссертационного
совета Д 220.061.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., д. 1.

E-mail: dissovet01@sgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и на сайте
www.sgau.ru.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 220.061.05



Полетаев Илья Сергеевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Значение зерновых бобовых культур (*Fabaceae*) в мировом сельскохозяйственном производстве очень велико, так как их возделывание способствует решению проблемы обеспечения населения планеты относительно дешевым растительным белком, зачастую не уступающим по своей питательной ценности белку животного происхождения. Среди всех зерновых бобовых особое место занимает соя (*Glycine max (L.) Merr.*), в семенах которой содержание белка достигает 50 %. Помимо белка, в семенах этой сельскохозяйственной культуры содержится до 27 % жира и ценные макро- и микроэлементы.

В настоящее время размеры площадей, занятых посевами сои в мире, превышают 120 млн га, а объемы производства – 340 млн тонн. По данным ФАО, основная доля производства сои приходится на США, Бразилию, Аргентину, и составляет 77 % от общемирового объема. В Российской Федерации, по данным Федеральной службы государственной статистики, в 2020 г. размеры посевных площадей под соей составили 2858 тыс. га, а валовой сбор – 4513 тыс. тонн при средней урожайности 1,75 т/га.

В стране сформировались два основных соевых кластера: традиционный – Дальневосточный и новый – Центральный, расположенный на Европейской территории Российской Федерации. Ввиду специфики внутрироссийского рынка сои, заключающейся в существенной географической удаленности основных районов производства сои от регионов ее переработки и потребления, Дальневосточный соевый кластер ориентирован на экспорт в Китай, а Центральный – на обеспечение перерабатывающей промышленности. Таким образом, основная часть сои, выращенной в Центральной России, перерабатывается предприятиями, расположенными на территории региона. Объемы текущего производства сои в настоящее время не закрывают потребности перерабатывающей промышленности, которой в год требуется около 4 млн тонн, в то время как существующее производство обеспечивает лишь половину необходимого количества. Поэтому в этих регионах необходимо повышать урожайность раннеспелых сортов сои за счет интенсификации применяемых агротехнологий, глубокого анализа агроклиматического потенциала территории и возможности возделывания сортов полудетерминантного и индетерминантного типа роста.

Расширению площадей посева сои в Центральном районе Нечерноземной зоны препятствуют стрессовые условия, которые формируются в период налива и созревания семян, прежде всего – ограниченность тепловых ресурсов. В последние десятилетия наблюдается потепление климата и рост накопленных сумм активных температур в регионе. Наряду с получением новых сортов, обладающих пониженной реакцией на длину дня и адаптированных к агроклиматическим условиям зоны выращивания, а также с учетом анализа параметров агрофитоценоза сои на разных этапах продукционного процесса, расширяются возможности возделывания культуры и смещение границ ее

распространения на север. Интродукция сои в Нечерноземную зону Европейской территории Российской Федерации, начатая в 80-е гг. XX века продолжается до сих пор и в последнее десятилетия получила мощный потенциал к дальнейшему развитию. Внедрение новых раннеспелых сортов в регионе позволит культивировать сою в регионе на площади в 600–700 тыс. га и благодаря этому обеспечить территорию растительным белком на 70–80 %.

В основе реализации потенциальной урожайности сои лежит требование удовлетворения ее биологических потребностей в факторах внешней среды и агроклиматических характеристиках региона возделывания, прежде всего – напряженности тепла и обеспеченности влагой как в отдельные периоды ее роста и развития, так и в целом за период вегетации. Погодная составляющая вариабельности величины урожая может достигать 60–80 % от всех остальных факторов, оказывающих влияние на продукционный процесс сои. Так, в Нечерноземной зоне России основным лимитирующим фактором для возделывания сои являются тепловые ресурсы. По данным Росгидромета, за последние полвека наблюдается тенденция к повышению средней температуры воздуха. При этом, скорость потепления в среднем по России значительно превосходит среднюю по земному шару и за период с 1976 по 2020 гг. составляет в среднем 0,5°C за десятилетие. В результате сравнения одного из важнейших показателей климата – сумм активных температур, было выявлено повсеместное их повышение по всей территории Европейской России и сдвиг границ агроклиматических поясов на несколько градусов к северу, эти процессы повлекут за собой рост продолжительности вегетационного периода и теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в северных областях. Климатические изменения будут в дальнейшем способствовать расширению ассортимента раннеспелых сортов сои, не только детерминантного, но и, обладающих большей продуктивностью, полудетерминантного и индетерминантного типа роста, для возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны, обеспечивающих максимальное использование агроклиматического потенциала региона, обусловленного локальным изменением климата.

Таким образом, представляется актуальным агробиологическое обоснование продукционного процесса раннеспелых сортов сои и разработка рекомендаций по его оптимизации с учетом изменившихся погодноклиматических условий в Центральном районе Нечерноземной зоны в связи со смещением северной границы возделывания сои, необходимостью решения проблемы производства растительного белка и расширения сортового ассортимента.

Степень научной разработанности проблемы. Магистральным направлением по продвижению сои в регионы Центрального района Нечерноземной зоны является расширение ассортимента сортов, допущенных к возделыванию в регионе, и дальнейшее смещение северной границы соеяния, которое становится возможным благодаря изменившимся агроклиматическим условиям зоны. Изучением влияния агрометеорологических условий на

агрофитоценоз сои и возможности расширения границ соеяния на основе анализа агроклиматического потенциала зоны посвящены научные труды Г.С. Посыпанова, Г.Г. Гатаулиной, Т.П. Кобозевой, Е.В. Гуреевой, В.К. Храмого, Т.Д. Сихарулидзе, Е.В. Головиной, В.И. Зотикова, Г.Т. Балакая, Л.А. Бухановой, Н.В. Заренковой, Е.В. Беляева, С.С. Никитиной и других исследователей.

Соя обладает экологической адаптивностью, обусловленной глубокой отселектированностью этой культуры применительно к конкретным особенностям зоны выращивания, при этом она предъявляет повышенные требования к теплу и влаге, которые могут оказаться лимитирующими факторами при выращивании в условиях Центрального района Нечерноземной зоны. В связи с этим представляет практический интерес агроэкологическое исследование продукционного процесса сортов сои различного эколого-географического происхождения в новых регионах возделывания. Изучением особенностей управления продукционным процессом сельскохозяйственных культур, основанных на теории фотосинтетической продуктивности, в разное время занимались российские и зарубежные ученые: Л.А. Иванов, А.А. Ничипорович, Х.Г. Тооминг, М.И. Зеленский, А.В. Дозоров, А.Т. Мокронос, Г.Г. Гатаулина, Т.П. Кобозева, В.Т. Синеговская, В.А. Тильба, Е.В. Головина, В.И. Зотиков, Е.В. Гуреева, М. Ashraf, J.A. Bassham, T.R. Sinclair, D.V. Egli, W.R. Fehr, D.J. Watson и другие.

Цель исследований: теоретическое обоснование и практическое совершенствование технологии производства сои в Центральном районе Нечерноземной зоны в условиях глобального и локального потепления климата на основе внедрения сортов различного эколого-географического происхождения и разработки адаптивных агротехнических приемов возделывания.

В задачи исследований входило:

1. Проанализировать изменение агроклиматических условий в Центральном районе Нечерноземной зоны за период с 1981 по 2020 гг. и обосновать возможность расширения границ возделывания сои в регионе.

2. Провести в условиях Центрального района Нечерноземной зоны агроэкологическое испытание и оценку раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения: традиционных северного экотипа, южного и дальневосточного эколого-географического происхождения.

3. Разработать модель сорта сои для разных агроклиматических подзон Центрального района Нечерноземной зоны.

4. Изучить особенности фотосинтетической деятельности и продукционного процесса раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения в агроклиматических условиях Центрального района Нечерноземной зоны.

5. Изучить эффективность агротехнических приемов, в числе которых – выбор срока и способа посева, формирование плотности ценоза, применение биологически активных веществ и пинцировки посевов, способствующих стабильному созреванию сои в агроклиматических условиях Центрального района Нечерноземной зоны.

6. Провести качественную оценку биохимического состава семян сортов сои различного эколого-географического происхождения.

7. Дать экономическое обоснование эффективности возделывания раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения в изменившихся агроклиматических условиях Центрального района Нечерноземной зоны.

Научная новизна. Впервые для Центрального района Нечерноземной зоны в результате проведенного анализа массива метеоданных, были обозначены границы агроклиматических подзон – северной, центральной и южной – со схожими гидротермическими условиями в течение вегетационного периода. В северной агроклиматической подзоне (Тверская, Ярославская, Костромская области) сумма активных температур за вегетационный период составляет 2000–2200°C, ГТК – 1,4–1,7, сумма осадков – 285–295. В центральной агроклиматической подзоне (Смоленская, Московская, Калужская, Владимирская, Ивановская области) – сумма температур составляет 2200–2400°C, ГТК – 1,1–1,4, сумма осадков – 265–285. В южной агроклиматической подзоне (Брянская, Орловская, Рязанская, Тульская области) – сумма температур составляет 2400–2600°C, ГТК – 0,7–1,1, сумма осадков – 255–265.

Впервые доказана возможность расширения границ соеосеяния в результате смещения изотермы суммы активных температур с учетом тенденции локального потепления климата в условиях Центрального района Нечерноземной зоны. Установлено, что значения суммы активных температур возросли в зависимости от агроклиматической подзоны от 1700–2200°C до 1950–2400°C, изотерма суммы активных температур сместилась на 150–200 км в сторону высоких широт. При этом сократилось количество выпадающих осадков за вегетационный период в среднем на 20–40 мм – от 270–280 мм до 190–230 мм, гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) в среднем снизился на 0,3–0,4 пункта – от 1,4–1,6 до 1,1–1,4 в зависимости от агроклиматической подзоны.

Впервые обоснована возможность расширения ассортимента сортов сои для возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны за счет включения сортов южного и дальневосточного эколого-географического происхождения.

Впервые разработана модель сорта сои, рекомендуемая для выбора в каждой агроклиматической подзоне. Наряду с сортами северного экотипа, изучены и рекомендованы сорта сои других экологических типов, относящиеся к группе раннеспелых, что позволит наиболее полно использовать агроклиматический потенциал района, обусловленный локальным изменением климата.

Проведены агроэкологические испытания раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения: традиционных северного экотипа, южных и дальневосточных. В условиях Центрального района Нечерноземной зоны изучены особенности продукционного процесса этих сортов, обоснована возможность и целесообразность их интродукции в регионе.

Выявлены закономерности фотосинтетической деятельности и формирования продуктивности сортов сои различного эколого-географического происхождения.

Установлены стрессовые факторы, в наибольшей степени влияющие на стабильность и величину урожайности сои.

Разработана система агротехнических мероприятий, способствующих повышению урожайности и стабилизации созревания сои в Центральном районе Нечерноземной зоны.

Изучена вариабельность урожайности и биохимического состава семян у раннеспелых сортов сои в зависимости от сортотипа и метеорологических условий вегетационного периода.

Теоретическая и практическая значимость работы. На основании проведенного анализа изменений климата в Центральном районе Нечерноземной зоны, обозначены новые северные границы размещения посевов сои в регионе. Изотерма суммы активных температур сместилась в сторону высоких широт на 150–200 км. Установлено, что в настоящее время она проходит по северной части Московской области, частично заходя на территорию Тверской области, включает Владимирскую область и южную часть Костромской области. Биологические минимумы температур в пределах данной изотермы выдерживаются на всех этапах роста и развития растений, обеспечивая устойчивое созревание сои в этом регионе в августе – начале сентября.

Наряду с сортами северного экотипа, изучены особенности раннеспелых сортов сои других экологических типов – южного и дальневосточного. Сорта северного экотипа – Магева, Окская, Светлая, Касатка, Георгия (группа спелости – 000) характеризуются вегетационным периодом 85–100 суток и суммой активных температур 1700–1900°C; сорта южного экотипа – Лира, Аванта, Бара (группа спелости – 00) имеют вегетационный период 90–105 суток и сумму активных температур в интервале 1900–2200°C; дальневосточные сорта – Персона, Умка, Лидия, Грация (группа спелости – 00) характеризуются вегетационным периодом 95–105 суток при сумме активных температур 2000–2300°C.

Выявлены существенные различия в характере продукционного процесса сортов разных изучаемых экологических типов. Доказана перспективность их возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны в новых погодноклиматических условиях, обозначены особенности действия лимитирующих биотических факторов среды в условиях локального изменения климата.

Обоснована перспективность возделывания сортов различного эколого-географического происхождения для максимального использования агроклиматического потенциала зоны. С учетом особенностей сортов и проведенных агроэкологических испытаний, было установлено, что сорта северного экотипа могут устойчиво вызревать во всех агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны, южные и дальневосточные – в центральной и южной.

В целях обеспечения стабильного вызревания сортов сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны доказана высокая эффективность следующих агротехнических приемов: оптимизации срока посева раннеспелых сортов сои в зависимости от агроклиматических условий региона возделывания; формирования оптимальной плотности ценоза сои с учетом морфотипа сорта и условий вегетационного периода; применения биологически активных веществ для обработки семян и вегетирующих растений сои, изучения их влияния на ростовые процессы и продуктивность; применения пинцировки на сортах сои полудетерминантного или индетерминантного типа роста с целью сокращения продолжительности вегетационного периода при сохранении качества урожая.

Основные теоретические положения и практические результаты диссертационной работы используются в рамках выполнения плана-задания Минобрнауки России в ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» при формировании рабочих программ научных подразделений, в учебном процессе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» для подготовки бакалавров и магистров по направлению «Агрономия» при преподавании профильных дисциплин «Растениеводство», «Технология производства продукции растениеводства».

Методология и методы исследований. Методологической основой исследований являлся системный подход, в основе которого лежит рассмотрение агрофитоценоза сои как сложной динамической фотосинтезирующей системы, подсистемами которой являются биологически обоснованные периоды развития растений, каждый из которых завершается одной или несколькими выходными величинами, важными с точки зрения формирования урожая. В работе применены полевой и лабораторный экспериментальные методы в соответствии с традиционными методиками, применяемыми в земледелии и растениеводстве. Математическая обработка экспериментальных данных выполнялась с использованием методики дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов.

Положения, выносимые на защиту.

1. Оценка возможности расширения северной границы производства сои в Центральном районе Нечерноземной зоны в результате смещения изотермы суммы активных температур в сторону высоких широт.

2. Результаты агроэкологического испытания сортов сои различного эколого-географического происхождения.

3. Параметры оптимальной модели сорта сои для агроклиматических подзон Центрального района Нечерноземной зоны.

4. Закономерности фотосинтетической деятельности и продукционного процесса сортов сои различного эколого-географического происхождения в Центральном районе Нечерноземной зоны. Оценка влияния стрессовых факторов в течение вегетационного периода на формирование урожая раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения и его стабильность.

5. Совокупность агротехнических приемов, обеспечивающих повышение урожайности, снижение вариабельности, повышающих стабильность вызревания сои и обеспечивающих высокое качество семян.

6. Биохимический состав семян и его вариабельность в зависимости от сортовых особенностей и метеорологических условий вегетационного периода.

Степень достоверности и апробация результатов исследований.

Достоверность результатов исследований подтверждается проведением в течение 13 лет полевых опытов и лабораторных экспериментов по общепринятым методикам, экспериментальными данными, подтвержденными результатами статистической обработки методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов, а также актами внедрения разработок автора в сельскохозяйственных предприятиях.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на ежегодных Международных научных конференциях молодых ученых и профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, 2010–2019 гг.); на IV научно-практической конференции «Наука и молодежь: новые идеи и решения» (г. Волгоград, 2010 г.); на Международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» (г. Челябинск, 2011); на Всероссийской заочной научно-практической конференции «Инновационные научные решения – основа модернизации аграрной экономики» (г. Пермь, 2011); на Международной научно-практической конференции «Научные исследования – основа модернизации сельскохозяйственного производства» (г. Тюмень, 2011 г.); на Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем» (г. Волгоград, 2012 г.); на Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых «Развитие АПК в свете инновационных идей молодых ученых» (г. Санкт-Петербург, 2012 г.); на Международной научно-практической конференции «Аграрная наука: современные проблемы и перспективы развития» (г. Махачкала, 2012 г.); на Международной научно-практической конференции «Продуктивность культурных растений в зависимости от погодных условий» (г. Новосибирск, 2012 г.); на Международной научно-практической конференции «Развитие инновационной деятельности в АПК региона» (г. Барнаул, 2012 г.); на Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Алтайского государственного аграрного университета «Перспективы инновационного развития АПК и сельских территорий» (г. Барнаул, 2013 г.); на IV Международной научно-практической конференции «Молодежь и наука XXI века» (г. Ульяновск, 2014 г.); на X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Молодежь и инновации» (г. Чебоксары, 2014 г.); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием Белгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства (г. Тамбов, 2016 г.); на Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение

производства сои: проблемы и перспективы» (г. Благовещенск, 2018 г.); на Международной научно-практической конференции «Фундаментальные основы и прикладные решения актуальных проблем возделывания зерновых бобовых культур» (г. Ульяновск, 2020 г.); на Всероссийской научной конференции с Международным участием «Растениеводство и луговое хозяйство» (г. Москва, 2020); на Всероссийской научно-практической конференции «Технологии земледелия и защиты растений: интеллектуальные, инновационные и цифровые ресурсы» (г. Пермь, 2020); на Международной научно-практической конференции «Вклад молодых ученых в аграрную науку» (г. Кинель, 2021); на Международном научно-практическом форуме «Мировая соя» (г. Санкт-Петербург, 2021, 2022).

Автору за разработку рекомендаций по механизированному возделыванию сои северного экотипа в Нечерноземной зоне была присуждена серебряная медаль XXIII Российской агропромышленной выставки Золотая осень – 2021 в номинации «Технологии в сельскохозяйственном производстве».

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 66 работ, в том числе 31 – в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ; 1 – в издании, индексируемом в Web of Science и Scopus. Основные положения исследований отражены в сборниках материалов научных конференций, журналах РИНЦ, в 2 монографиях. По результатам исследований получено 2 патента на изобретения и 2 свидетельства на базы данных.

Личный вклад автора. Соискателем обобщены многолетние (2008–2020 гг.) результаты собственных исследований, которые заключались в определении актуальности темы диссертации, в постановке целей и задач исследований, организации и проведении исследований с учетом современных методологических подходов, проведении опытов, анализе полученных результатов и подготовке диссертации. Доля личного участия в выполнении работы и написании статей – 87 %. Заключение и предложения производству, полученные автором, были апробированы на практике и рекомендованы для широкого внедрения в регионах Центрального района Нечерноземной зоны.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность и благодарность за консультации и помощь в проведении исследований научному консультанту, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Т.П. Кобозевой (ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева), доктору сельскохозяйственных наук, профессору Г.Г. Гатаулиной (ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева), кандидату сельскохозяйственных наук, ведущему научному сотруднику Е.В. Гуреевой (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 405 страницах текста компьютерной верстки, состоит из введения, восьми глав, заключения и рекомендаций производству. Содержит 46 таблиц, 50 рисунков и 23 приложения. Список литературы включает 607 источников, в том числе – 182 зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследований и степень научной разработанности изучаемой проблемы. Сформулирована цель и поставлены задачи исследований. С учетом научной новизны, обозначены теоретическая и практическая значимость работы. Обоснована методология и методы исследований. Перечислены основные положения, выносимые на защиту. Отражены степень достоверности и результаты апробации полученных научных и практических результатов.

В первой главе «Производство сои: экономические, агроклиматические, биологические аспекты и перспективы интродукции в новые регионы» рассматриваются вопросы интродукции сои в новые регионы возделывания в связи с необходимостью дальнейшего решения проблемы производства растительного белка, обеспечения импортозамещения на российском рынке белковой составляющей для производства продуктов питания и обеспечения кормовой базы животноводства. Решению поставленной задачи будет способствовать расширение ассортимента раннеспелых сортов сои, в том числе полудетерминантного и индетерминантного типа роста, для возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны, обеспечивающих максимальное использование агроклиматического потенциала региона, обусловленного локальным изменением климата.

Во второй главе «Условия, материалы и методика проведения исследований» приведена характеристика почвенно-климатических и агрометеорологических условий в годы проведения исследований, изложена программа и методы постановки научных экспериментов.

Исследования по агроэкологическому испытанию раннеспелых сортов сои проводились в 2008–2020 гг. на экспериментальной базе учебно-научных подразделений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», расположенных на территории Московской и Рязанской областей.

Метеорологические условия вегетационного периода в 2008–2020 гг. имели существенные различия по температурному и влажностному режимам между собой и в сравнении со среднегодовыми значениями. Экстремально жарким и засушливым в Центральном районе Нечерноземной зоны был 2010 г., когда среднесуточная температура превышала среднегодовые значения на 5–8°C в течение всего вегетационного периода. Ввиду существенных различий метеорологических условий в годы проведения агроэкологического испытания сортов сои в Рязанской области, их объединили по степени влагообеспеченности вегетационного периода и значению гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова на 3 группы. Отдельно были выделены годы с острозасушливыми условиями (ГТК < 0,7) – 2009, 2010, 2011, 2018, 2019 гг.; годы с наиболее часто фиксируемыми условиями влагообеспеченности за годы исследований, достаточно близкие к оптимальным (ГТК 0,7–1,4) – 2012, 2013, 2014, 2015, 2016,

2017 гг.; годы с условиями избыточной влагообеспеченности ($GTK > 1,4$) – 2008, 2020 гг. В Московской области острозасушливые условия сформировались в 2010 г.; условия, достаточно близкие к оптимальным, были в 2011, 2012, 2014, 2018 и 2019 гг.; избыточное количество осадков было отмечено в 2008, 2009, 2013, 2015, 2016, 2017 и 2020 гг.

Исследования включали теоретическую проработку материала и пять полевых опытов. В задачи исследований входило проанализировать изменение климатических условий в регионах, входящих в Центральный район Нечерноземной зоны, провести агроэкологические испытания сортов сои различного эколого-географического происхождения по параметрам фотосинтетической деятельности и продукционного процесса при разных приемах возделывания и дать оценку возможности распространения в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны с учетом изменившихся климатических условий.

На основании проведенного анализа изменения климатических условий в регионах Центрального района Нечерноземной зоны за период с 1981 по 2020 гг., были определены новые границы смещения изотермы суммы активных температур в сторону высоких широт в условиях Центрального района Нечерноземной зоны.

Все изучаемые сорта сои, исходя из географической локализации научной организации, в которой они были получены и регионов районирования, были разделены на 3 группы:

- сорта северного экотипа, которые были приняты за контроль – Магева, Окская, Светлая, Касатка, Георгия, селекции Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», рекомендованные для Центрального района Нечерноземной зоны;
- южные сорта – Лира, Аванта, Бара, селекции ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» и ООО Компания «Соевый комплекс»;
- дальневосточные сорта – Персона, Умка, Лидия, Грация, селекции ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои».

Опыт 1. Агроэкологическое испытание и оценка в условиях Центрального района Нечерноземной зоны сортов сои различного эколого-географического происхождения, отобранных в результате анализа изменения агроклиматических условий региона и их требований к условиям произрастания.

Опыт однофакторный. Фактор А – сорта сои различного эколого-географического происхождения: северного экотипа – Магева, Окская, Светлая, Касатка, Георгия; южные – Лира, Аванта, Бара; дальневосточные – Персона, Умка, Лидия, Грация.

Опыт закладывался в 2008–2020 гг. Посев проводился в оптимальные сроки при прогревании почвы на глубине заделки семян на уровне 12–15°C. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, густота стояния растений после всходов – 600 тыс. шт. растений на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки –

18 м². Учет урожайности производился методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14 % влажности и 100 % чистоте.

Опыт 2. Изучение сроков посева сортов сои различного эколого-географического происхождения.

Опыт двухфакторный. Фактор А – сроки посева:

А₁ – 1–5 мая; А₂ – 6–10 мая; А₃ – 11–15 мая; А₄ – 16–20 мая; А₅ – 21–25 мая.

Фактор В – сорта сои различного эколого-географического происхождения: северного экотипа – Светлая; южные – Аванта; дальневосточные – Грация.

Опыт закладывался в 2017–2020 гг. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, густота стояния растений после всходов – 600 тыс. шт. растений на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 10 м². Уборка учетных делянок проводилась вручную.

Опыт 3. Обработка семян и посевов биологически активными веществами.

Опыт трехфакторный. Фактор А – биологически активное вещество:

А₁ – контроль (без обработки); А₂ – Эпин-Экстра, Р (регулятор роста растений); А₃ – Циркон, Р (регулятор роста растений); А₄ – Силиплант, Р (микроудобрение); А₅ – Флоравит, ВР (биологически активная добавка).

Фактор В – сорта сои различного эколого-географического происхождения: северного экотипа – Светлая; южные – Лира; дальневосточные – Грация.

Фактор С – срок обработки биологически активным веществом:

С₁ – семена перед посевом; С₂ – R1 (начало цветения); С₃ – R2 (полное цветение).

В опыте проводили наблюдения и исследования за энергией прорастания и всхожестью, симбиотической азотфиксацией, фотосинтетической деятельностью и продуктивностью растений сои.

Опыт закладывался в 2016–2020 гг. Посев проводился в оптимальные сроки при прогревании почвы на глубине заделки семян на уровне 12–15°С. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, густота стояния растений после всходов – 600 тыс. шт. растений на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 18 м². Учет урожайности производился методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14 % влажности и 100 % чистоте.

Обработка семян сои препаратом Эпин-Экстра, Р производилась из расчета 90 мл д.в./т, посевов – 80 мл д.в./га, препаратом Циркон, Р соответственно 40 мл д.в./т и 40 мл д.в./га; препаратом Силиплант, Р соответственно 0,6 л д.в./т и 0,8 л д.в./га; препаратом Флоравит, ВР соответственно 1,2·10⁻⁴ г д.в./л и 1,4·10⁻⁴ г д.в./га. Расход рабочей жидкости для предпосевной обработки семян составил 10 л/т, для опрыскивания вегетирующих растений – 300 л/га.

Опыт 4. Изучение способов посева и густоты стояния всходов.

Опыт трехфакторный. Фактор А – сорта сои различного эколого-географического происхождения: северного экотипа – Светлая, Касатка; южные – Лира, Бара; дальневосточные – Лидия, Грация.

Фактор В – способы посева:

V₁ – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см; V₂ – широкорядный с шириной междурядий 45 см.

Фактор С – густота стояния всходов:

C₁ – при обычном рядовом способе посева с шириной междурядий 15 см – 400, 600 и 800 тыс. растений на га; C₂ – при широкорядном способе посева с шириной междурядий 45 см – 400, 500 и 600 тыс. растений на га.

В опыте проводили наблюдения и исследования за фотосинтетической деятельностью и продуктивностью раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения.

Опыт закладывался в 2008–2015 гг. Посев проводился в оптимальные сроки при прогревании почвы на глубине заделки семян на уровне 12–15°C. Повторность в опыте – четырехкратная, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 18 м². Учет урожайности производился методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14 % влажности и 100 % чистоте.

Опыт 5. Изучение сроков проведения пинцировки посевов сои.

Опыт однофакторный. Фактор А – сроки проведения пинцировки:

A₁ – контроль (без пинцировки); A₂ – R1 (начало цветения); A₃ – R2 (полное цветение); A₄ – R3 (начало образования плодов).

Опыт закладывался в 2008–2015 гг. Посев проводился в оптимальные сроки при прогревании почвы на глубине заделки семян на уровне 12–15°C. Сорт сои северного экотипа Окская. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, густота стояния растений после всходов – 600 тыс. шт. растений на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 18 м². Учет урожайности производился методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14 % влажности и 100 % чистоте.

Полевые опыты 1–3 закладывались на экспериментальной базе Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Рязанская область). Полевые опыты 4–5 закладывались на экспериментальной базе Полевой опытной станции РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева (Московская область). В Московской области опыты проводились в девятипольном зернопропашном севообороте, предшественником являлась кормовая свекла. В Рязанской области опыты проводились в четырехпольном зерновом севообороте, предшественником являлся черный пар. Агротехника в опытах была общепринятая для Центрального района Нечерноземной зоны.

Закладка полевых опытов, выполнение биометрических исследований, учетов и обработка полученных данных выполнялись в соответствии с требованиями методики полевого опыта и методов исследований в полевых опытах с соей.

В качестве основных агроклиматических показателей, характеризующих природно-ресурсный потенциал территории, были приняты тепло- и влагообеспеченность. Были рассчитаны среднемесячные температуры воздуха и суммы осадков по месяцам и за вегетационный период, суммы активных температур, гидротермические коэффициенты.

Агрохимические показатели почвы определялись по следующим методам: реакция почвенного раствора рН_{сол.} по ГОСТ 26483, содержание гумуса по методу Тюрина (ГОСТ 26213), подвижного фосфора по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011), обменного калия по Масловой (ГОСТ 26210), азота нитратного по ГОСТ 26951-86, азота аммонийного по ГОСТ 26489-85.

Закладка опытов и учеты проводились по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Фенологические наблюдения проводились по американской микрофенологии, где фазы вегетативного роста обозначаются буквой V с соответствующей цифрой, а фазы репродуктивного роста – буквой R, шкала позволяет сравнивать динамические показатели формирования урожая разных сортов, полученные в разных условиях. В период вегетации определялась густота стояния растений, проводились фенологические наблюдения. Биометрические учеты проводились через каждые 15 дней в течение вегетации. В растительных пробах определялись: высота растений, сырая и сухая биомасса растений, листьев, бобов, семян, количество и масса клубеньков. Фотосинтетический потенциал рассчитывался графическим методом, чистая продуктивность фотосинтеза вычислялась путем деления прироста сухой биомассы за период на фотосинтетический потенциал этого периода. Содержание хлорофилла в листьях изучалось на основе показаний прибора N-tester YARA. Площадь листьев определялась на фотопланиметре Li-3100. КПД ФАР определялся, как отношение содержания энергии в сухой биомассе растений к приходу ФАР на единице площади, выраженное в процентах. Элементы структуры урожая определялись по пробным снопам из 25 растений с каждой делянки опыта. Содержание сухого вещества определялось весовым методом при 105°C (ГОСТ 31640-2012). Учет урожая производился методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14%-й влажности и 100%-й чистоте. Аминокислотный состав семян сои определялся с использованием монохроматорного анализатора NIRSTM DS2500 F (Foss) методом спектроскопии в ближнем ИК-диапазоне (850–2500 нм). Жирнокислотный состав масел семян сои определялся на газовом хроматографе Shimadzu GC-2014 с пламенно ионизационным детектором. Идентификация компонентного состава масел проводилась по коэффициентам удерживания в сравнении с образцами чистых веществ, количество каждого компонента рассчитывали относительно общей площади пиков (общая площадь пиков принималась за 100%). Расчет экономической эффективности технологических приемов проведен по методике ВИАПИ. Статистический анализ результатов проводили с применением лицензионных математических программных пакетов для ПЭВМ: «Microsoft Excel», «STATISTICA-6.0», MathCAD 14.0, дисперсионный анализ полученных данных проводился по Доспехову Б.А.

В третьей главе «Анализ изменения агроклиматических условий Центрального района Нечерноземной зоны и обоснование смещения северной границы возделывания сои» приводится информация Росгидромета о тенденциях изменения в температурном режиме за последние полвека, наблюдается повышение средней температуры воздуха за различные периоды по всей территории Центрального Нечерноземья.

В Нечерноземной зоне основным лимитирующим фактором являются тепловые ресурсы и здесь преимущественно распространены сельскохозяйственные культуры умеренного пояса, требующие для своего роста и развития невысокие температуры на уровне 18–22°C. Однако в последние десятилетия наблюдается тенденция увеличения суммы активных температур, которую потенциально могут накопить растения в условиях конкретного региона Нечерноземной зоны.

В результате изучения массива данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ) среднемесячных температур и осадков, сумм активных температур и ГТК с 1981 по 2020 гг., Центральный экономический район Нечерноземной зоны РФ для удобства анализа и в соответствии с поставленными задачами, автором был условно разделен на 3 агроклиматических подзоны: северную, центральную и южную (рисунок 1).



Рисунок 1 – Агроклиматические подзоны Центрального района Нечерноземной зоны

В основу разделения были заложены температурные климатические факторы – средняя температура за вегетационный период и сумма активных температур за вегетацию. Наряду с температурами, были проанализированы суммы осадков и значение ГТК за вегетацию (таблица 1).

К северной агроклиматической подзоне были отнесены Тверская, Ярославская и Костромская области. Средняя температура воздуха в течение вегетационного периода с мая по август здесь составляет 15,0–16,0°C, сумма

активных температур – 2000–2200°C. ГТК находится в пределах оптимума или выше.

Таблица 1 – Характеристика агроклиматических подзон Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации

Агроклиматическая подзона	Обозначение	Средняя температура за май – август, °С	$\sum T \geq 10^\circ\text{C}$	\sum осадков, мм	ГТК за вегетационный период
Северная (Тверская, Ярославская, Костромская области)		16,0–18,0	2000–2200	285–295	1,4–1,7
Центральная (Смоленская, Московская, Калужская, Владимирская, Ивановская области)		18,0–19,0	2200–2400	265–285	1,1–1,4
Южная (Брянская, Орловская, Рязанская, Тульская области)		19,0–21,0	2400–2600	255–265	0,7–1,1

В центральную агроклиматическую подзону были включены Смоленская, Московская, Калужская, Владимирская и Ивановская области. Средняя температура за вегетационный период с мая по август здесь составляет 16,0–17,0°C, сумма активных температур – 2200–2400°C. ГТК за вегетацию находится в пределах нормы, таким образом – обеспечиваются условия достаточного увлажнения.

Южная агроклиматическая подзона (Брянская, Орловская, Рязанская, Тульская области) характеризуется повышенными температурами воздуха, которые в среднем за вегетацию составляют 17,0–18,0°C. Суммы активных температур находятся в среднем на уровне 2400–2600°C. Следует отметить, что за последние десятилетия этот показатель в некоторые годы значительно превышал средние значения, и достигал в некоторых регионах 2900°C. Наряду с повышенными температурами, в этой агроклиматической подзоне достаточно часто наблюдаются годы с недостаточным количеством выпавших осадков, ГТК находится в пределах 0,7–1,1°C.

Отмечена тенденция к росту сумм активных температур и снижению значения показателя гидротермического коэффициента во всех агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны (рисунок 2).

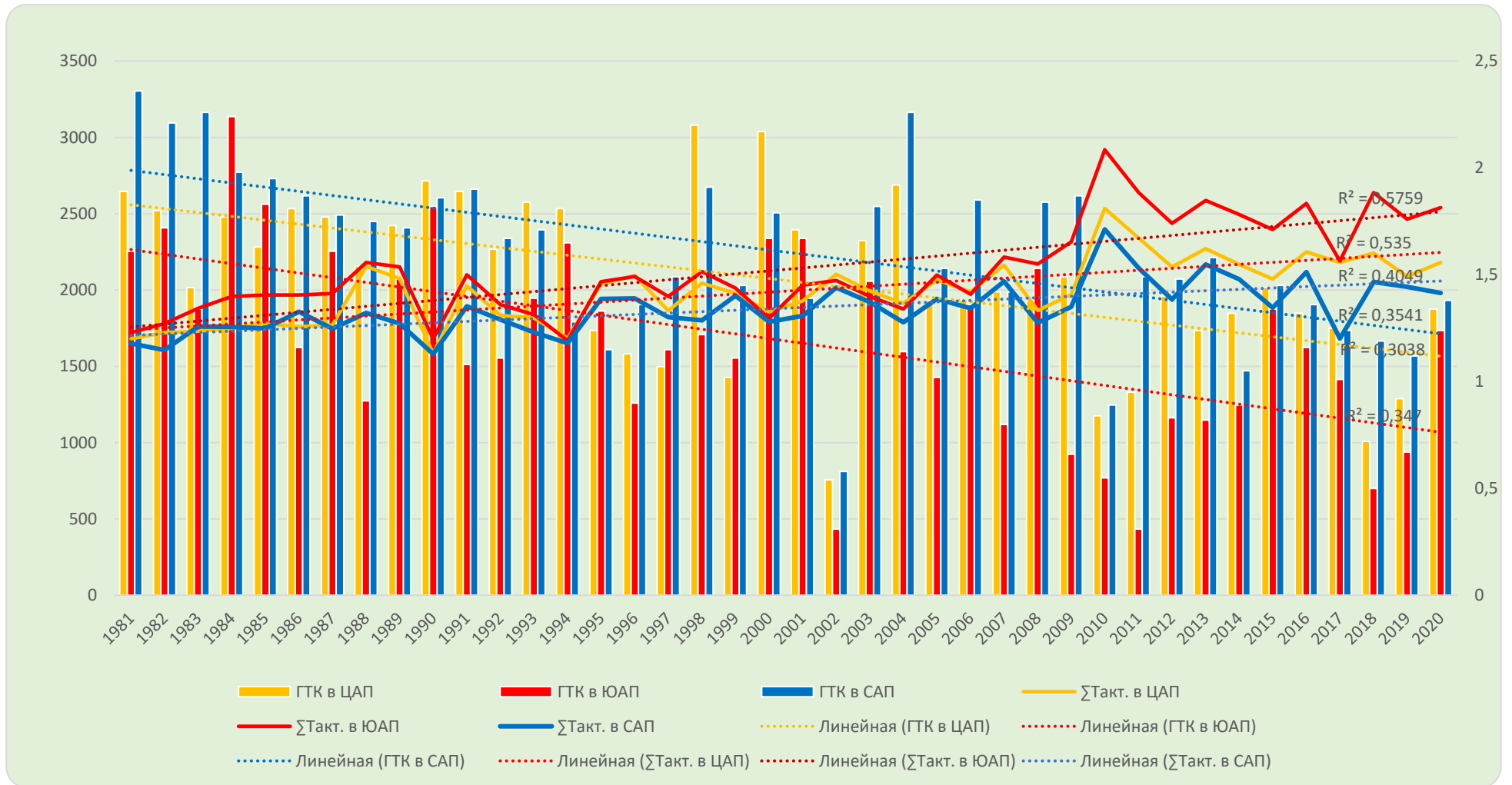


Рисунок 2 – Динамика суммы активных температур и ГТК в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации за 40-летний период

Максимальный рост сумм активных температур, которые могут потенциально накопить растения сои, произошел в южной агроклиматической подзоне, незначительно уступает центральная и северная. Наряду с ростом сумм активных температур, за исследуемый период было зафиксировано достоверное снижение значения гидротермического коэффициента за вегетационный период. В большей степени ГТК за вегетацию снизился в северной и южной агроклиматической подзонах.

В исследованиях было установлено увеличение на 3–4°C значений среднемесячных температур во всех агроклиматических подзонах (рисунок 3).

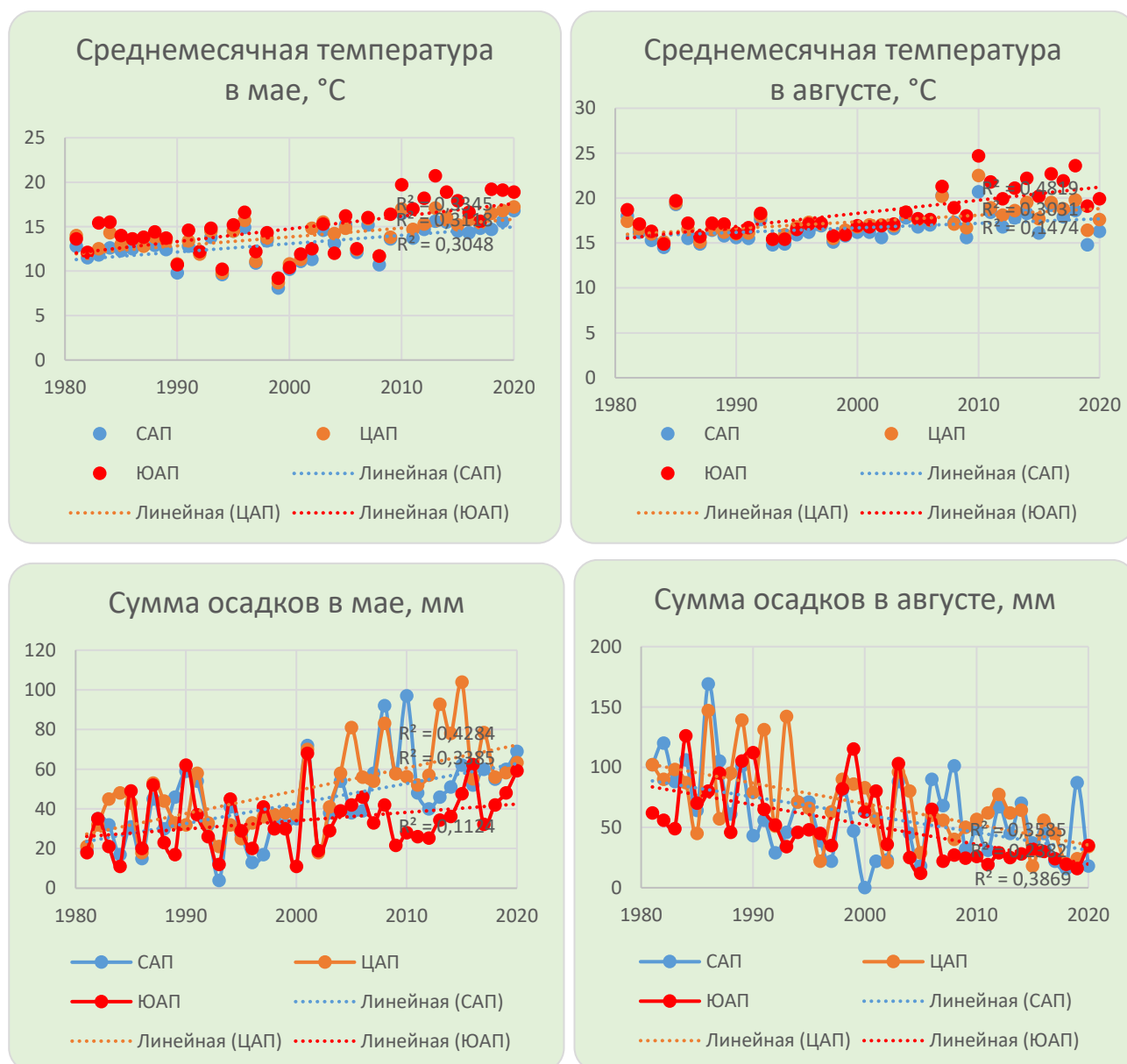


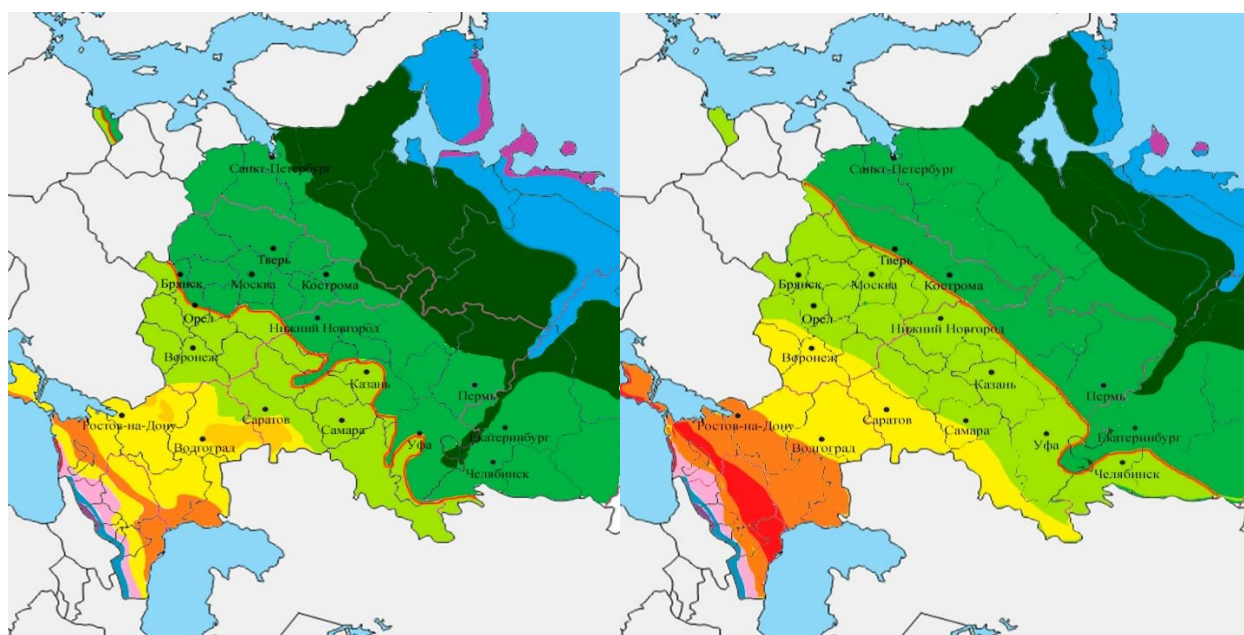
Рисунок 3 – Динамика среднемесячных температур воздуха и количества осадков в мае и августе за период с 1981 по 2020 гг. по агроклиматическим подзонам Центрального района Нечерноземной зоны

Наиболее значительный рост среднемесячных температур произошел в мае и августе: в северной агроклиматической подзоне – на $0,9^{\circ}\text{C}$ и $1,2^{\circ}\text{C}$, в центральной – на $1,8^{\circ}\text{C}$ и $1,4^{\circ}\text{C}$ и в южной – на $2,0^{\circ}\text{C}$ и $2,3^{\circ}\text{C}$ соответственно. В августе наблюдается динамика сокращения количества выпадающих осадков, в мае – относительный рост. Подобная тенденция для сои является положительной и способствует расширению ее посевов в Центральном районе Нечерноземной зоны. Количество выпавших среднемесячных осадков возросло в начале вегетационного периода – в мае – в среднем на 16–18 мм, в последующие месяцы, наоборот, практически повсеместно отмечено сокращение от 10 до 22 мм.

Достоверное снижение количества выпадающих осадков в августе за 40-летний период было зафиксировано в центральной и южной агроклиматических подзонах. Северная агроклиматическая подзона характеризуется тенденцией достаточно большого количества выпадающих в этом месяце осадков, данный фактор необходимо учитывать в дальнейшем при подборе сортов сои.

В результате сравнения одного из важнейших показателей климата – сумм активных температур, было выявлено повсеместное их повышение по всей территории Европейской России и сдвиг границ агроклиматических поясов на несколько градусов к северу (рисунок 4). Московский регион оказался в поясе с суммой активных температур от 2200 до 2800 $^{\circ}\text{C}$ за вегетационный период, в то время как еще несколько десятилетий назад максимальная сумма активных температур в регионе достигала только 2200 $^{\circ}\text{C}$. При этом, регион остался в зоне недостаточного увлажнения с вероятностью засушливых периодов не более 25 %.

Значительно продвинулся на север агроклиматический пояс с суммой активных температур за вегетацию на уровне 2800–3400 $^{\circ}\text{C}$. В этой зоне оказались южные регионы Центрального Нечерноземья, вероятность засух здесь составляет уже до 50 %, то есть каждый второй вегетационный период.



а)

б)

Пояс	Обозначение	$\sum T_{\text{акт.}}, ^\circ\text{C}$	ГТК
Холодный пояс		менее 400	Избыточное увлажнение ($> 1,5$)
		400-1000	
Умеренный пояс		1000-1600	Достаточное увлажнение (1,0-1,5), вероятность засух – 25 %
		1600-2200	
		2200-2800	Засушливый вегетационный период (0,5-1,0), вероятность засух – 25-50 %
		2800-3400	
Субтропический пояс		3400-4000	Сухой вегетационный период (0,3-0,5), вероятность засух – более 70 %
		более 4000	

Рисунок 4 – Границы агроклиматических поясов на Европейской территории России: а) в 1964 г.; б) в настоящее время

Таким образом, в Центральном районе Нечерноземной зоны локальное потепление климата привело к смещению изотермы суммы активных температур на 150–200 км в сторону высоких широт: если в 1981 г. изотерма проходила по северной части Брянской и Орловской областей, включала небольшой фрагмент Калужской области и Рязанскую область, то в настоящее время она проходит по северной части Московской области, частично затрагивая территорию Тверской области, включает Владимирскую область и южную часть Костромской области.

В четвертой главе «Экологическая адаптивность и продуктивность раннеспелых сортов сои» приводится характеристика изучаемых раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения, анализ особенностей роста и развития в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода.

Все исследуемые сорта относятся к группе раннеспелых – от очень раннеспелых с периодом вегетации 76–95 суток до раннеспелых с варьированием интервала вегетационного периода в пределах 83–109 суток.

По типу роста сорта северного экотипа относятся к детерминантным (Магева, Касатка, Светлая), полудетерминантным (Окская) и индетерминантным (Георгия) формам. Среди южных сортов также были как полудетерминантные (Бара), так и индетерминантные (Лира, Аванта) формы. Дальневосточные сорта представлены детерминантными (Персона), полудетерминантными (Умка) и индетерминантными (Лидия, Грация) формами.

Высота растений варьирует в пределах от 65 см у сортов северного экотипа до 115 см у южных сортов. В зависимости от высоты растений различной была высота прикрепления нижнего боба – от 8–12 см у сортов сои северного экотипа до 13–15 см у южных и дальневосточных сортов.

По характеристикам необходимых за вегетацию сумм активных температур отобранные для агроэкологических испытаний сорта сои также довольно значительно различались, хотя и относились все к группе раннеспелых. Наименьшая потребность в накоплении сумм активных температур была у сортов северного экотипа и составляла от 1700 до 1900°C за вегетацию, у южных – от 1900 до 2200°C и у дальневосточных – от 2000 до 2300°C.

В исследованиях были выявлены небольшие сортовые различия по продолжительности вегетации в пределах одного года, в то же время по годам количество дней вегетационного периода могло значительно варьировать (рисунок 5).

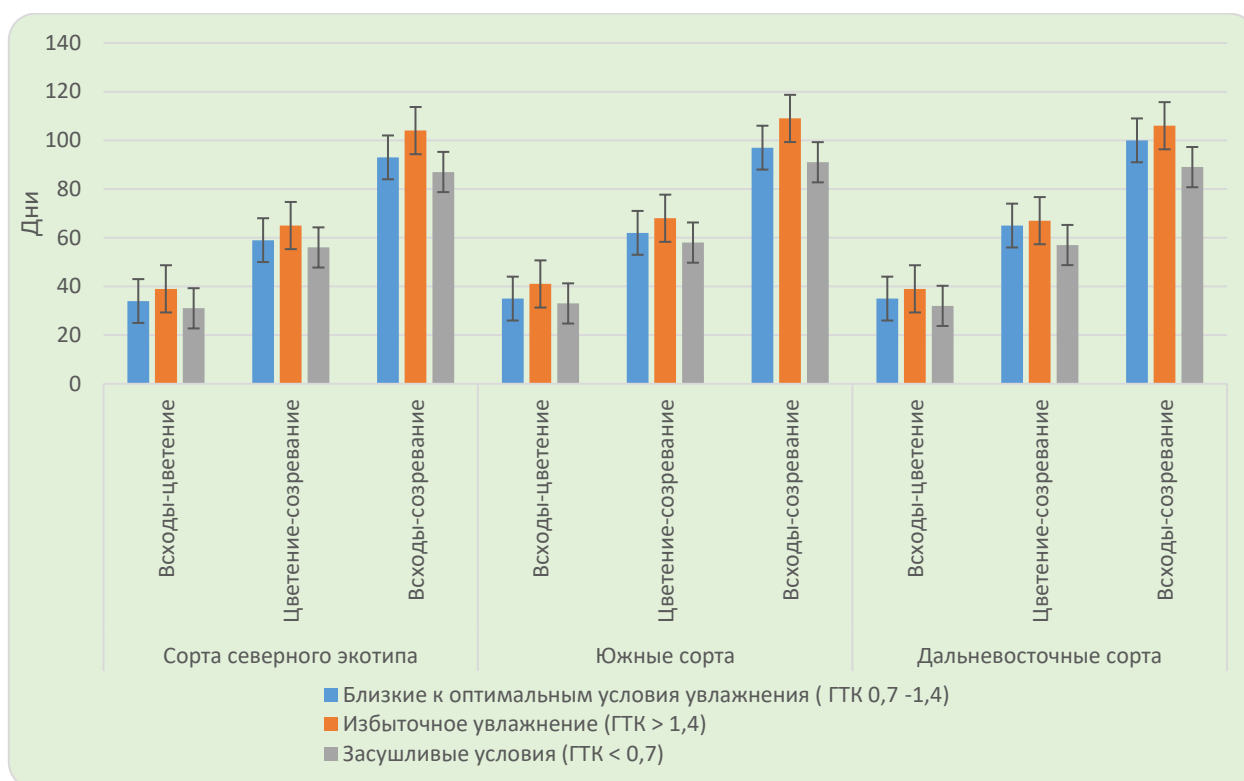


Рисунок 5 – Продолжительность вегетационного периода сортов сои различного эколого-географического происхождения в зависимости от условий влагообеспеченности

Продолжительность вегетационного периода раннеспелых сортов сои в условиях Рязанской области от посева до созревания не превышала 120 дней и варьировала в большей степени по годам исследований, чем по сортам в пределах одного года. Средняя продолжительность периода от посева до появления всходов была одинакова у всех сортов и в среднем составила 10–14 дней. При этом продолжительность вегетации от всходов до созревания варьировала по сортам достаточно значительно – различия могли составлять от 20 до 35 дней.

В 2017 г. у всех сортов был самый продолжительный период вегетации, который составил от 98 дней у сортов сои северного экотипа до 125 дней у дальневосточных сортов, из-за большого количества осадков в июле и августе, в

период созревания сои, количество которых составило соответственно 68,5 и 63,2 мм. Наименьшая продолжительность вегетационного периода у всех сортов была отмечена в 2011 г. и составила от 78 дней у сортов сои северного экотипа до 95 дней – у дальневосточных сортов. Своевременное созревание было обеспечено средней температурой в августе на уровне 21,8°C и малым количеством осадков, которых выпало в этом месяце всего 19,2 мм.

Анализируя значения продолжительности вегетационного периода и суммы накопленных активных температур, можно сделать вывод, что наиболее скороспелыми являются сорта сои северного экотипа, затем, по мере увеличения продолжительности вегетации, следуют южные и дальневосточные сорта.

Урожайность семян сои зависела не только от агроэкологических условий вегетационного периода, но и от биологических особенностей сортов. При этом, наиболее высокие показатели урожайности сортов были зафиксированы в благоприятные по температурному и влажностному режимам годы (рисунок 6).

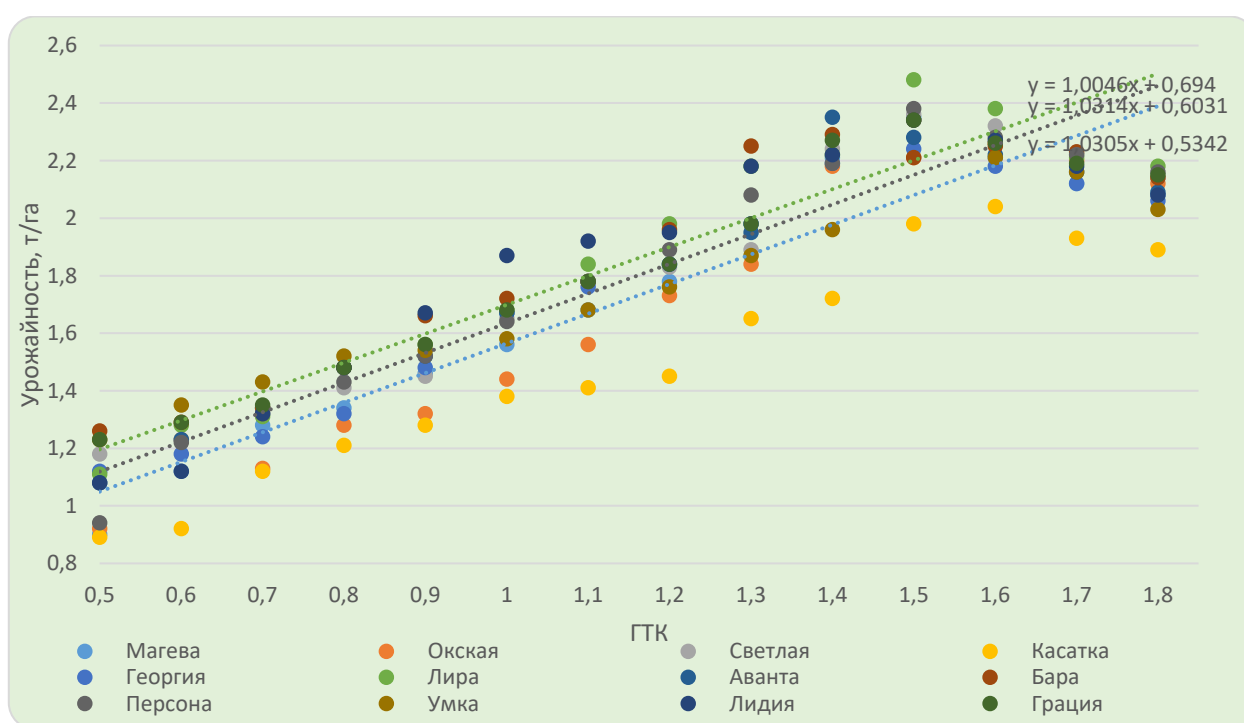


Рисунок 6 – Взаимосвязь урожайности сои и ГТК вегетационного периода

В целом, по всем сортам наблюдалась тенденция к росту урожайности с повышением ГТК за вегетационный период, при этом сохранялась дифференциация сортов внутри групп по отклику на изменение влажностного режима. Наибольшая урожайность сформировалась по сортам при ГТК в интервале 0,7–1,4 и составила 2,32–2,56 т/га, самая низкая – в 2010 г. при ГТК = 0,5 и составила по сортам 0,89–1,28 т/га.

В то же время, были годы с невысоким ГТК за вегетацию, но урожайность была сформирована достаточно высокая. Это обусловлено тем фактором, что в начале генеративного развития и формирования репродуктивных органов выпало достаточное количество осадков, благодаря чему был заложен потенциал

будущей высокой урожайности. Примером такого года может быть 2012 г., когда урожайность по сортам сформировалась на уровне 1,90–2,52 т/га, при этом ГТК составил в среднем за вегетацию 0,7.

Гидротермический коэффициент является интегрированным показателем атмосферных осадков и температуры воздуха, однако не столько суммарный ГТК является критерием развития посевов, сколько равномерность распределения осадков по периодам вегетации, особенно их достаточное количество в критические периоды бутонизации – цветения – образования плодов (рисунок 7).

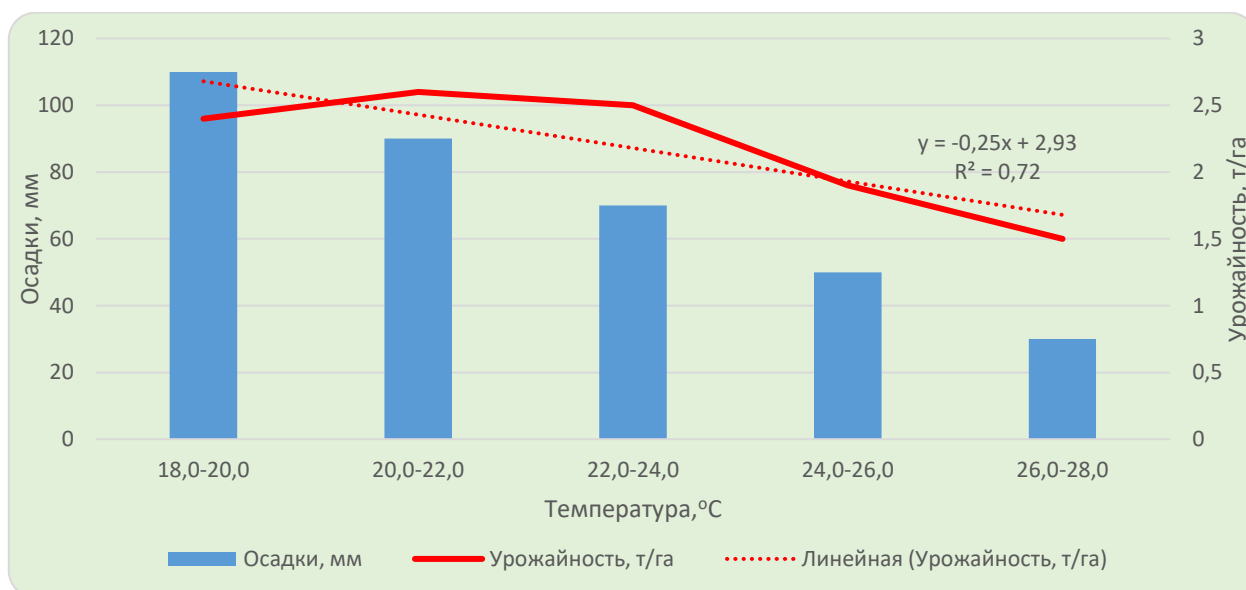


Рисунок 7 – Взаимосвязь продуктивности сои с гидротермическими условиями в период R1 – R6 (цветение – полный налив семян)

На семенную продуктивность оказывает непосредственное влияние температурно-влажностный режим в период R1 – R6 (цветение – полный налив семян). По сортам – урожайность сортов сои северного экотипа в большей степени зависела от количества атмосферных осадков, выпавших в июле, а южных и дальневосточных сортов – от осадков в августе.

В результате проведенного анализа изменений климатических условий вегетационного периода в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны за последние десятилетия, а также оценки корреляционных зависимостей формирования урожая сортов сои различного эколого-географического происхождения в этой зоне, разработана характеристика моделей сортов сои, потенциально подходящих и рекомендуемых для возделывания в каждой из агроклиматических подзон (рисунок 8).



Рисунок 8 – Модели сортов сои, рекомендуемые для выращивания в зависимости от агроклиматической подзоны Центрального района Нечерноземной зоны

Нестабильность температурных и влажностных параметров климата, рост среднемесячных температур на фоне более частого возникновения засух, ставит новые требования к подбору сортов – они должны обладать более высокой экологической пластичностью, устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. В условиях Центрального района Нечерноземной зоны, наряду с сортами сои северного экотипа, представляется возможным внедрение сортов с более длительным периодом вегетации, полудетерминантного типа роста, с более высокой потенциальной продуктивностью. В результате изучения реакции сортов сои различного эколого-географического происхождения на гидротермические условия вегетационного периода и с учетом результатов проведенных агроэкологических испытаний, было установлено, что сорта северного экотипа могут устойчиво вызревать во всех агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны, южные и дальневосточные – в центральной и южной. При соблюдении технологии, включающей приемы по оптимизации продолжительности вегетационного периода, урожайность семян в благоприятные годы может достигать 2,5–2,8 т/га.

В пятой главе «Фотосинтетическая деятельность и продукционный процесс раннеспелых сортов сои» раскрываются параметры системного подхода к анализу динамических характеристик продукционного процесса сои, этапов формирования урожая по периодам с основными выходными показателями, выявлены закономерности фотосинтетической деятельности и продукционного процесса, а также особенности, связанные с генотипом и метеорологическими факторами.

Периоды роста и развития II (цветение и образование плодов) и III (рост плодов) являются критическими при формировании урожая. Одновременно с интенсивным нарастанием вегетативной массы происходит цветение и образование плодов. К концу II периода заканчивается формирование плодов на растении. Их число в расчете на единицу площади определяет потенциальный урожай. Интенсивность нарастания биомассы в течение этого периода у современных сортов в 2–4 раза больше, чем до цветения (рисунок 9).

Максимальный урожай зеленой массы отмечался к концу III периода – после завершения роста плодов. Стрессовые условия в этот период оказывают сильное влияние на число плодов и семян, образовавшихся к концу этого периода, в расчете на единицу площади. Засушливые условия вегетационного периода приводили к снижению интенсивности нарастания биомассы и скорости роста посевов в критический период II, когда происходит цветение и завязываются плоды, что приводило к уменьшению числа плодов и семян на 1 м². Скорость роста посевов в этот период является определяющим показателем при формировании компонентов урожайности, а значение величины сухой биомассы растений в конце II и III периодов может служить прогностическим показателем потенциальной урожайности семян.

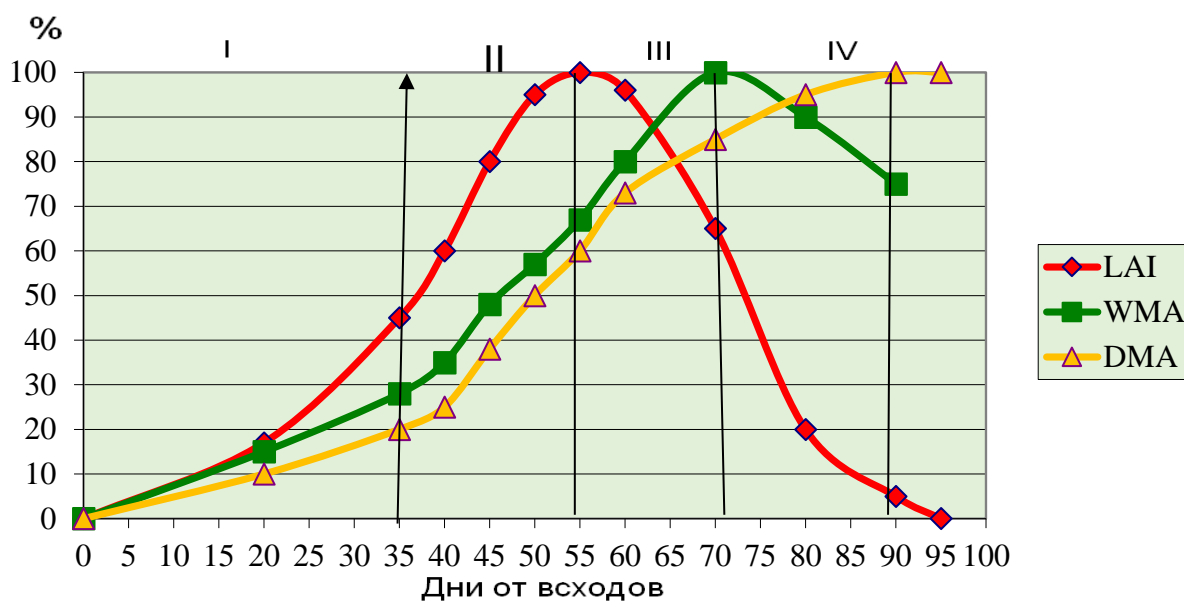


Рисунок 9 – Индекс листовой поверхности (LAI), нарастание сырой (WMA) и сухой (DMA) биомассы, % от максимума за вегетацию по периодам

Для каждого из сортов сои были определены средние значения вегетационного индекса CIGreen и стандартное отклонение в фазы V2 – второй узел и R2 – полное цветение. В результате анализа средних значений вегетационного индекса CIGreen и урожайности по сортам, было установлено высокое значение величины достоверности аппроксимации: на 1-м этапе мониторинга – $R^2 = 0,81$; на 2-м этапе мониторинга – $R^2 = 0,88$ (рисунок 10).

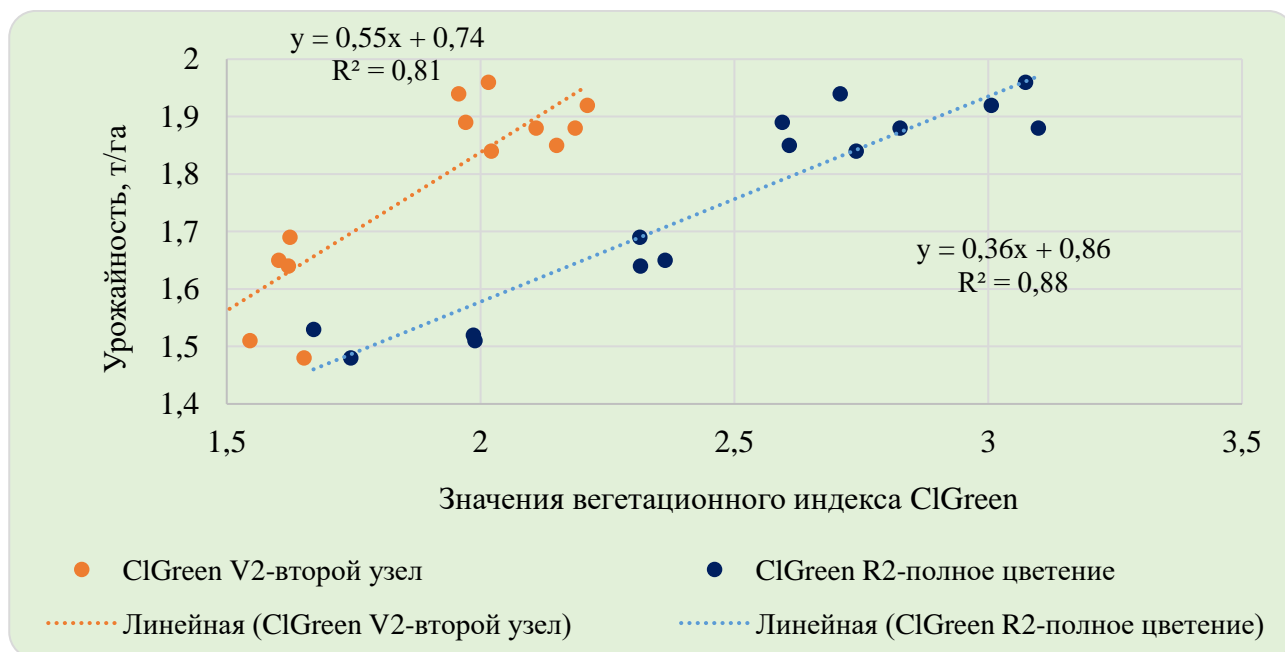


Рисунок 10 – Зависимость урожайности и значений CIGreen в фазы V2 – второй узел и R2 – полное цветение

Максимальная величина сырой и сухой биомассы у всех сортов сои формировалась к концу периода роста плодов – в фазы R3 – R4. В условиях достаточного и избыточного увлажнения максимальная за вегетацию сухая биомасса составляла к фазе R4 – выполненные плоды в среднем по сортам 5,4–6,7 т/га, у сортов сои северного экотипа ее размер составил в среднем 5,0 т/га, затем следуют дальневосточные (5,5 т/га) и южные (6,7 т/га) сорта (таблица 2).

Таблица 2 – Основные показатели фотосинтетической деятельности сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода

Показатель	Сорта северного экотипа			Южные сорта			Дальневосточные сорта			
	ГТК									
	< 0,7	0,7–1,4	> 1,4	< 0,7	0,7–1,4	> 1,4	< 0,7	0,7–1,4	> 1,4	
Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	24,3	35,8	41,5	24,9	37,8	43,3	25,1	37,6	44,2	
Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² дней/га	1255	2064	2802	1470	2436	3319	1475	2438	3372	
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² в сутки	2,73	2,54	2,06	2,39	2,20	1,91	2,41	2,26	1,92	
Максимальная биомасса, т/га	Сырая	15,7	20,6	25,2	16,4	21,9	26,5	16,6	22,1	27,1
	Сухая	3,43	5,24	5,78	3,52	5,36	6,34	3,56	5,52	6,48

Таким образом, при благоприятных условиях величина нарастания сухой биомассы 450–550 г/м² к моменту завершения образования плодов в значительной мере определяет будущую урожайность, которая в условиях Центрального района Нечерноземной зоны реализуется на уровне 2,0–2,2 т/га при оптимальной густоте стояния растений и резко снижается в 2,5 раза, если в критический период растения подвергаются водному стрессу.

В шестой главе «Агротехнические приемы по оптимизации продолжительности вегетации раннеспелых сортов сои при интродукции в новые регионы Центрального района Нечерноземной зоны» показаны результаты применения агротехнических приемов возделывания сои, способствующих оптимизации созревания сои в условиях региона – сроков и способов посева, применения биологически активных веществ и пинцировки посевов.

Продолжительность периода от посева до появления всходов сокращалась от 1-го к 5-му сроку. Длительность этого периода варьировала от 8–9 дней при прогревании почвы до 20–22°C при 4-м и 5-м сроках посева до 12–13 дней – при посеве в более ранние сроки. Также следует учесть, что возврат холодов и даже слабые заморозки не наносили значительного вреда семенам и всходам сои.

Продолжительность периода VE – R1 являлась достаточно устойчивым сортовым признаком и составляла в зависимости от метеорологических условий

вегетационного периода и срока посева в среднем по годам 33–36 дней, сокращаясь от более ранних к поздним срокам посева. Продолжительность периода R1 – R2 в среднем составляла от 12 до 20 дней, сокращаясь к более позднему сроку посева. На продолжительность этого периода оказывали влияние условия вегетационного периода – в годы с дефицитом влаги, он сокращался, так же, как и следующий период – R3 – R4. Продолжительность периода R5 – R6 составила от 15 до 13 дней у сорта сои северного экотипа Светлая, от 16 до 12 дней у южного сорта Аванта и от 17 до 14 дней у дальневосточного сорта Грация, и сокращалась от ранних к поздним срокам посева. Продолжительность периода R7 – R8 не зависела от срока посева, была достаточно стабильна во все годы и составила в среднем по сортам от 9 до 12 дней. Наибольшая урожайность при благоприятных условиях увлажнения была отмечена при посеве во второй срок – с 6 по 10 мая – и составила по сортам 2,3–2,7 т/га, наиболее близким по основным элементам структуры урожая ко 2-му сроку посева оказался 3-й (рисунок 11). При этих сроках посева было максимальным количество бобов, семян на растение и массы 1000 семян.

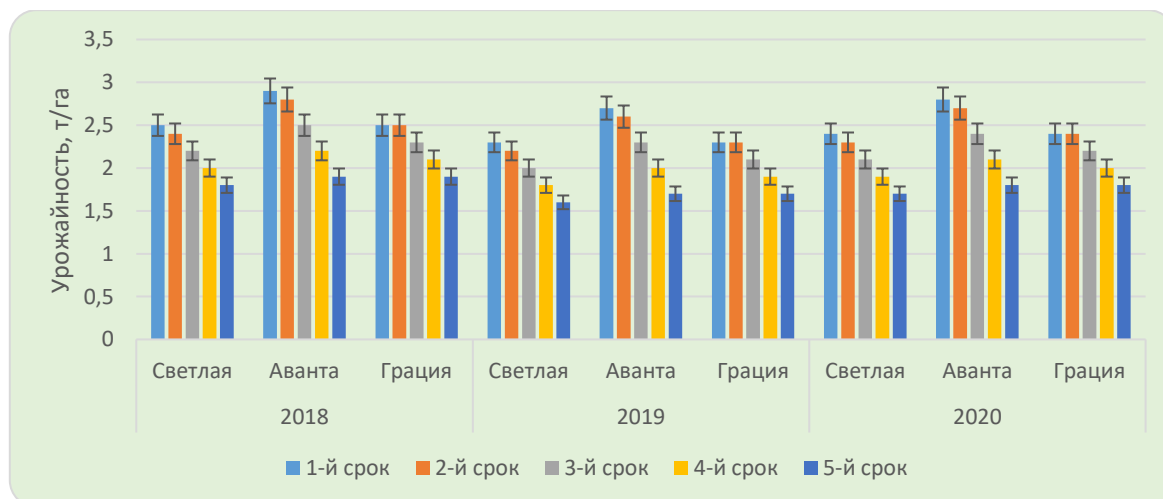


Рисунок 11 – Динамика урожайности сортов сои различного эколого-географического происхождения в зависимости от срока посева

В засушливых условиях вегетационного периода наибольшая урожайность сформировалась у всех сортов сои при посеве в первые два срока – в интервалы с 1 по 5 мая и с 6 по 10 мая, так как за эти периоды семена и всходы сои смогли в наибольшей мере использовать запасы влаги в почве до наступления засухи. Самая низкая урожайность была отмечена при любых условиях влагообеспеченности вегетационного периода при самом позднем сроке посева, который приходился на интервал с 21 по 25 мая.

Максимальная урожайность семян была получена у всех групп сортов при обычном рядовом способе посева и густоте всходов 600 тыс. шт./га и при широкорядном способе посева и густоте всходов 500 тыс. шт./га и составила в среднем по сортам соответственно 1,65–1,84 т/га и 1,83–1,98 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность семян, сбор белка и жира с гектара по сортам сои различного эколого-географического происхождения в зависимости от способа посева и густоты стояния всходов (в среднем за 2008–2015 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га						Сбор белка, кг/га						Сбор жира, кг/га					
	Обычный рядовой с густотой всходов, тыс. шт./га			Широкорядный с густотой всходов, тыс. шт./га			Обычный рядовой с густотой всходов, тыс. шт./га			Широкорядный с густотой всходов, тыс. шт./га			Обычный рядовой с густотой всходов, тыс. шт./га			Широкорядный с густотой всходов, тыс. шт./га		
	400	600	800	400	500	600	400	600	800	400	500	600	400	600	800	400	500	600
Светлая	1,62	1,77	1,64	1,81	1,95	1,86	658	719	666	735	792	755	301	329	305	337	363	346
Касатка	1,45	1,65	1,50	1,66	1,83	1,72	571	650	591	654	721	678	261	297	270	299	329	310
Лири	1,65	1,84	1,77	1,90	1,98	1,94	606	675	650	697	727	712	388	432	416	447	465	456
Бара	1,55	1,74	1,70	1,80	1,89	1,81	608	682	666	706	741	710	335	376	367	389	408	391
Лидия	1,62	1,83	1,77	1,86	1,97	1,91	624	705	681	716	758	735	309	350	338	355	376	365
Грация	1,59	1,77	1,64	1,67	1,92	1,86	596	664	615	626	720	698	307	342	317	322	371	359
НСР ₀₅	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	29	35	31	35	37	36	15	18	17	19	20	19

Дальнейшее увеличение густоты не является целесообразным, так как индивидуальная продуктивность растений за счет загущенности посевов снижается, при этом возрастают затраты на посевной материал. Максимальный сбор белка с гектара был при выше обозначенных способах и густотах и составил при обычном рядовом способе посева и густоте 600 тыс. шт./га – 650–719 кг/га и при широкорядном способе посева и густоте всходов 500 тыс. шт./га – 720–792 кг/га. Максимальный сбор белка с гектара был отмечен у сорта северного экотипа Светлая и составил при разных густотах от 658 до 792 кг/га.

Сбор жира с единицы площади составил по сортам от 261 до 465 кг/га. Максимальные значения были получены при обычном рядовом способе посева и густоте 600 тыс. шт./га и при широкорядном способе посева и густоте всходов 500 тыс. шт./га. и составили 297–432 кг/га и 329–465 кг/га. Максимальный сбор жира с гектара был получен у сорта южного экотипа Лира и составил при обычном рядовом способе посева 388–432 кг/га, при широкорядном способе посева 447–465 кг/га.

Наибольшая урожайность семян сортов сои различного эколого-географического происхождения была получена в вариантах с обработкой растений сои в фазу R1 – начало цветения препаратами Силиплант и Флоравит и составила от 2,12 до 2,28 т/га (рисунок 12). Сбор протеина в этих вариантах составил от 778 до 921 кг с гектара. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила по урожайности – 15–23 %, по сбору белка – 15–25 %.

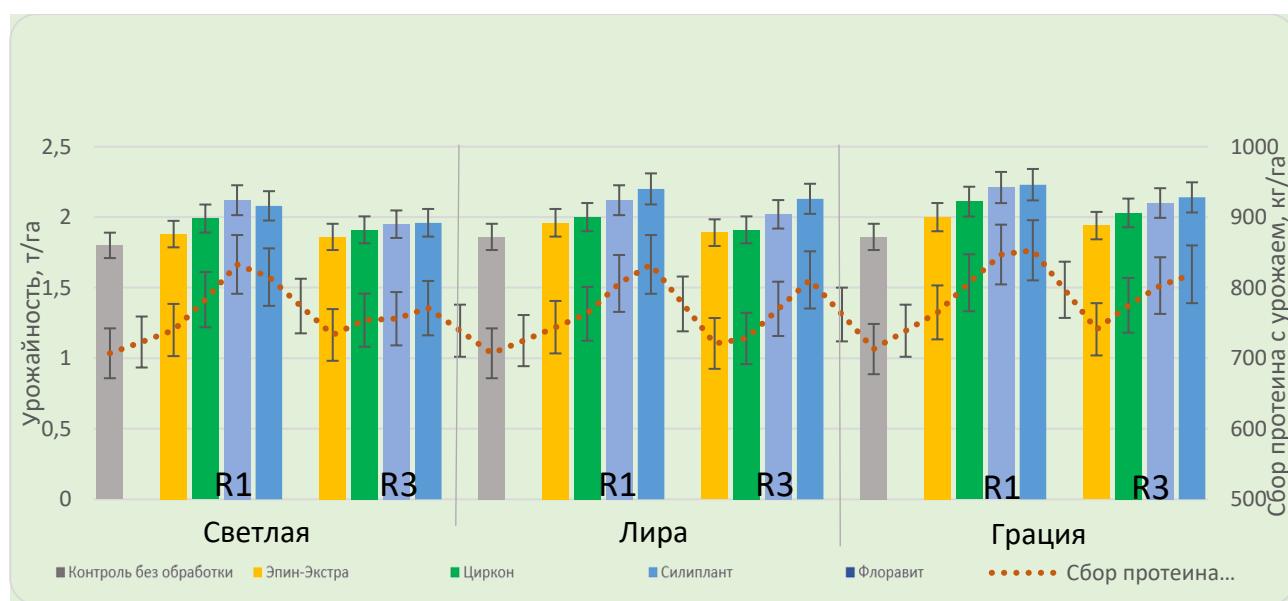


Рисунок 12 – Влияние обработки биологически активными веществами на урожайность семян и сбор протеина по сортам сои различного эколого-географического происхождения

Наибольшая урожайность у сорта сои северного экотипа Светлая была зафиксирована при обработке в фазу R1 – начало цветения препаратом Силиплант и составила в разные годы исследований от 2,18 до 2,38 т/га, в то время как в контрольном варианте без обработки урожайность составляла 1,65–

1,92 т/га, таким образом, прибавка составила 23–32 %. Наименьшая урожайность у сорта была в варианте с обработкой препаратом Эпин-Экстра и составила по годам исследований от 1,68 до 1,92 т/га, что практически соответствует контрольному варианту без обработки.

У южного и дальневосточного сортов – Лира и Грация – максимальная урожайность была получена в варианте с обработкой в фазу R1 – начало цветения препаратом Флоравит и составила соответственно 2,28–2,42 т/га и 2,22–2,36 т/га, что выше, чем в контрольных вариантах без обработки на 20–27 %. Наименьшая урожайность у этих сортов была получена при обработке растений препаратом Эпин-Экстра в фазу R3 – образование плодов и составила 1,70–1,98 т/га. В контрольных вариантах урожайность у этих сортов составила соответственно 1,82–2,05 т/га и 1,72–1,98 т/га.

Пинцировка посевов сои, проведенная в фазу R3 – начало образования плодов не приводила к снижению урожайности (таблица 4). Содержание белка и жира существенно снижалось при проведении пинцировки в начале и середине цветения и было на уровне контроля в варианте с пинцировкой, проведенной в начале фазы образования плодов: сбор белка составил 799 кг/га, незаменимых аминокислот – 439 кг/га, жира – 363 кг/га, ненасыщенных жирных кислот – 217 кг/га, что не уступает контрольному варианту без пинцировки.

Таблица 4 – Влияние пинцировки на урожайность, белковую и масличную продуктивность сои

Показатель	Срок проведения пинцировки			
	R1 (начало цветения)	R2 (полное цветение)	R3 (начало образования плодов)	Без пинцировки (контроль)
Урожайность, т/га*	1,49	1,72	1,89	1,99
<i>Белковая продуктивность</i>				
Содержание белка в семенах, %	41,7	42,1	42,2	42,0
Сбор белка с урожаем семян, кг/га**	621	724	799	834
Сбор незаменимых аминокислот с урожаем семян, кг/га	341	398	439	459
<i>Масличная продуктивность</i>				
Содержание жира в семенах, %	19,1	19,1	19,2	19,1
Сбор жира с урожаем семян, кг/га***	285	328	363	380
Сбор ненасыщенных жирных кислот с урожаем семян, кг/га**	171	197	217	228
*НСР ₀₅ , т/га: 0,19; **НСР ₀₅ , кг/га: 79; ***НСР ₀₅ , кг/га: 36				

В седьмой главе «Вариабельность урожайности и биохимический состав семян раннеспелых сортов сои в зависимости от агрометеорологических условий

вегетационного периода» приведены данные по урожайности, сбору белка и жира с единицы площади, а также дана качественная оценка биохимического состава семян сортов различного эколого-географического происхождения.

В годы с недостаточной обеспеченностью влагой при ГТК < 0,7 значительных различий по показателям урожайности семян между сортами различного эколого-географического происхождения не наблюдалось, она формировалась на уровне 1,41–1,54 т/га (рисунок 13). Наименьшую урожайность – 1,05 т/га – в засушливых условиях сформировал сорт северного экотипа Касатка, который является самым скороспелым и при недостатке влаги быстро переходит к наливу семян и созреванию.

Наибольшая урожайность семян сои по сортам различного эколого-географического происхождения формировалась в годы с достаточной влагообеспеченностью. При ГТК 0,7–1,4 наибольшая урожайность была у южных сортов и составила в среднем 2,38–2,52 т/га, у сортов северного экотипа – 1,86–2,28 т/га и у дальневосточных – 2,12–2,42 т/га.

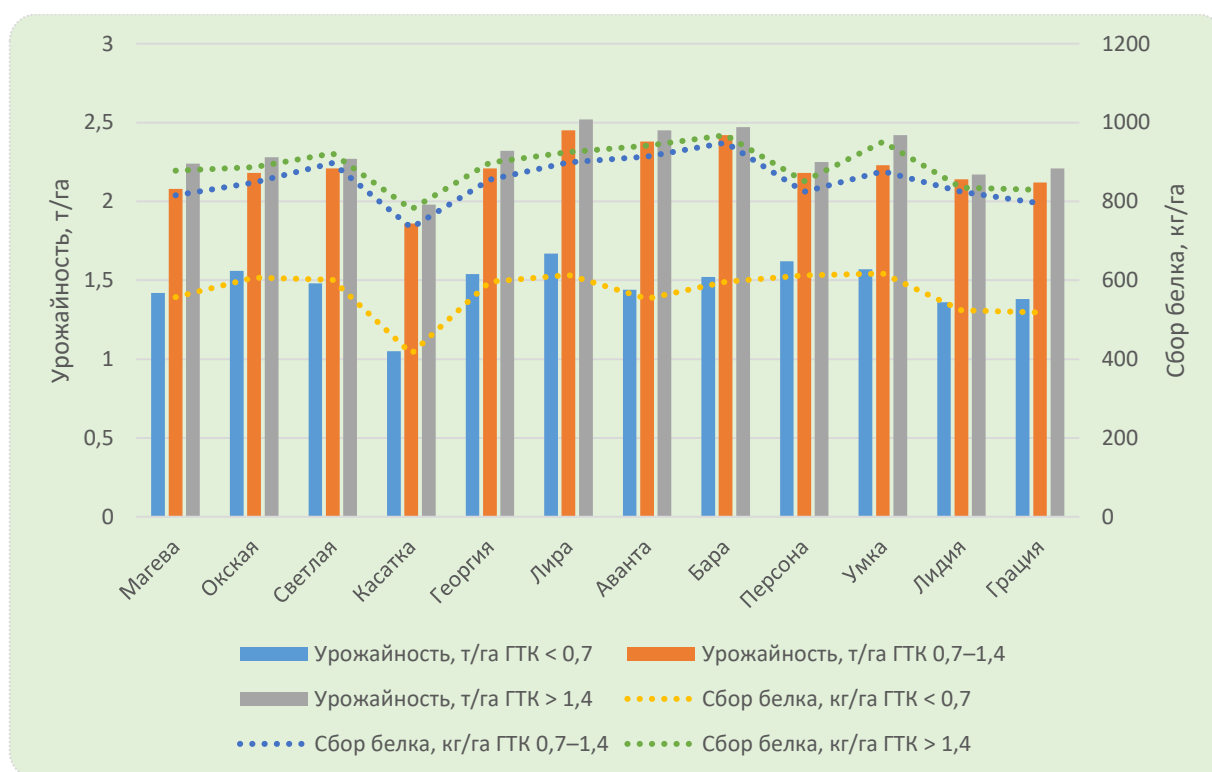


Рисунок 13 – Урожайность и сбор белка с гектара по сортам сои в разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода (в среднем за 2008–2020 гг.)

Сбор протеина по сортам и в разные годы исследований варьировал аналогично урожайности и при благоприятных условиях влагообеспеченности по всем сортам достигал 800 кг/га. Наибольший сбор протеина был у сортов сои северного экотипа Окская, Светлая, Георгия, у южных сортов Ли́ра, Аванта, Бара и у дальневосточных сортов Персона, Умка и составил от 850 до 920 кг/га.

В результате сопоставления жирно-кислотного состава изучаемых сортов сои и сортов, условно относящихся к традиционным и пищевым, было выявлено, что содержание ненасыщенных жирных кислот, особенно мононенасыщенных, у исследуемых сортов сои северного экотипа ниже, чем у традиционных и больше соответствует пищевым (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительная оценка биохимических показателей жира традиционных сортов и сортов сои северного экотипа

Показатель	Традиционные сорта (по Петибской)	Пищевые сорта	Исследуемые группы сортов		
			Северного экотипа	Южные	Дальневосточные
Содержание жира, %	23,2	17,8	17,7 ± 0,94	21,5 ± 1,14	18,5 ± 1,23
Содержание белка, %	37,9	45,2	41,2 ± 1,22	38,2 ± 1,82	39,3 ± 1,35
Доля жирных кислот в масле, %:					
насыщенных	12,8	13,8	24,4	14,0	35,6
мононенасыщенных	24,8	20,0	19,8	22,6	23,9
полиненасыщенных	61,8	66,5	55,8	58,2	40,5
Отношение – линолевая: линоленовая кислота	7,7	5,5	5,3	7,2	6,7

Южные сорта в большей мере соответствовали традиционным по содержанию жира и повышенным для данной группы сортов содержанием белка, обусловленным, по всей видимости, климатическими условиями региона возделывания. Дальневосточные сорта были ближе к пищевым по содержанию белка и жира, а по соотношению линолевой и линоленовой кислот – к традиционным.

В восьмой главе «Оценка экономической эффективности возделывания сои» представлены расчеты эффективности исследуемых агротехнических приемов. Соя является высокопродуктивной сельскохозяйственной культурой, экономическая целесообразность ее возделывания остается высокой при разном уровне цен на продукцию. Так, в 2010 г. при урожайности семян 1,66–1,73 т/га, производственные затраты составляли 8,2–8,5 тыс. руб. / га, условно чистый доход – 15,0–15,7 тыс. руб. / га, а рентабельность – 152–157 %. В ценах 2020 г. при аналогичной урожайности семян производственные затраты составили 16,3–17,0 тыс. руб. / га, условно чистый доход – 24,5–26,8 тыс. руб. / га, а рентабельность – 144–163 %.

Уровень рентабельности сортов сои различного эколого-географического происхождения варьировал от 140 % при урожайности 1,86 т/га до 213 % при урожайности 2,45 т/га. Лучшие показатели у всех изучаемых групп сортов были получены при обычном рядовом способе посева и густоте 600 тыс. растений, и

при широкорядном способе посева и густоте 500 тыс. растений на гектар. В этих вариантах стоимость урожая превышала другие варианты на 10–15 %, что способствовало увеличению условно чистого дохода на 2,5–3,0 тыс. руб./га. Уровень рентабельности при этих густотах составил 221–229 %. Максимальный выход энергии с урожаем был при густотах 500 и 600 тыс. растений на 1 га и составил 48,5 и 49,2 ГДж/га соответственно. При применении биологически активных веществ наилучшие показатели экономической и энергетической эффективности были в вариантах с обработкой посевов препаратами Силиплант и Флоравит. Уровень рентабельности превышал контрольный вариант на 12–32 % в зависимости от препарата и фазы, в которую проводилась обработка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа агроклиматических условий за период с 1981 по 2020 гг. была установлена тенденция локального потепления климата на фоне его аридизации на территории Центрального района Нечерноземной зоны. Значения суммы активных температур возросли в зависимости от агроклиматической подзоны от 1700–2200°C до 1950–2400°C, при этом сократилось количество выпадающих осадков за вегетационный период в среднем на 20–40 мм – от 270–280 мм до 190–230 мм, гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) в среднем снизился на 0,3–0,4 пункта, его значение находится в диапазоне от 1,4–1,6 до 1,1–1,4 в разных агроклиматических подзонах.

2. Локальное потепление климата в Центральном районе Нечерноземной зоны привело к смещению изотермы суммы активных температур на 150–200 км в сторону высоких широт: если в 1981 г. изотерма проходила по северной части Брянской и Орловской областей, включала небольшой фрагмент Калужской области и Рязанскую область, то в настоящее время она проходит по северной части Московской области, частично затрагивая территорию Тверской области, включает Владимирскую область и южную часть Костромской области.

3. Климатические условия в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны в настоящее время имеют существенные различия: в северной агроклиматической подзоне (Тверская, Ярославская, Костромская области) сумма температур составляет 2000–2200°C, ГТК – 1,4–1,7, сумма осадков – 285–295. В центральной агроклиматической подзоне (Смоленская, Московская, Калужская, Владимирская, Ивановская области) – сумма температур составляет 2200–2400°C, ГТК – 1,1–1,4, сумма осадков – 265–285. В южной агроклиматической подзоне (Брянская, Орловская, Рязанская, Тульская области) – сумма температур составляет 2400–2600°C, ГТК – 0,7–1,1, сумма осадков – 255–265. При этом биологические минимумы температур выдерживаются на всех этапах роста и развития растений, обеспечивая устойчивое созревание сои во всех районах в августе – начале сентября.

4. Исследуемые раннеспелые сорта сои имеют различия по продолжительности вегетационного периода и сумме активных температур. Сорта северного экотипа – Магева, Окская, Светлая, Касатка, Георгия (группа

спелости – 000) характеризуются вегетационным периодом 85–100 суток и суммой активных температур 1700–1900°C; южные сорта – Лира, Аванта, Бара (группа спелости – 00) имеют вегетационный период 90–105 суток и сумму активных температур в интервале 1900–2200°C; дальневосточные сорта – Персона, Умка, Лидия, Грация (группа спелости – 00) характеризуются вегетационным периодом 95–105 суток при сумме накопленных активных температур 2000–2300°C. Продолжительность вегетационного периода коррелировала с температурно-влажностным режимом вегетационного периода. В засушливые годы ($ГТК < 0,7$) вегетационный период сокращался в среднем по сортам на 5–8 суток, во влажные ($ГТК > 1,4$) – увеличивался на 6–10 суток. Менее продолжительный вегетационный период в засушливые годы обеспечивался, прежде всего, сокращением генеративного периода R1 – R8 – от начала цветения до полного созревания у всех исследуемых сортов сои.

5. В результате проведенного агроэкологического анализа раннеспелых сортов сои было установлено, что для возделывания в северной агроклиматической подзоне Центрального района Нечерноземной зоны (Тверская, Ярославская, Костромская области) рекомендуются сорта сои, относящиеся к группе очень раннеспелых или раннеспелых и имеющих детерминантный тип роста – это сорта северного экотипа: Магева, Светлая, Касатка и дальневосточный сорт Персона. Для возделывания в центральной агроклиматической подзоне (Смоленская, Московская, Калужская, Владимирская, Ивановская области) рекомендуются сорта сои, относящиеся к группе очень раннеспелых или раннеспелых и имеющих детерминантный или полудетерминантный тип роста – это сорта северного экотипа: Магева, Окская, Светлая, Касатка; южные: Бара; дальневосточные: Персона, Умка. Для возделывания в южной агроклиматической подзоне Центрального района Нечерноземной зоны (Брянская, Орловская, Рязанская, Тульская области) рекомендуются сорта сои, относящиеся к группе очень раннеспелых или раннеспелых и имеющих детерминантный, полудетерминантный и индетерминантный тип роста – это сорта северного экотипа: Магева, Окская, Светлая, Касатка, Георгия; южные: Лира, Аванта, Бара; дальневосточные: Персона, Умка, Лидия, Грация.

6. Посев сои как фотосинтезирующая система наиболее эффективно функционирует в период цветения и образования плодов. В условиях Центрального района Нечерноземной зоны индекс листовой поверхности на уровне 4–5 и величина накопления сухой биомассы 525–540 г/м² к фазе R4 – выполненные бобы в значительной мере определяют уровень завязываемости плодов и потенциальной урожайности семян и могут быть использованы для контроля за формированием урожая. В благоприятные по погодным условиям годы, при $ГТК 0,7–1,4$, к концу этого периода величина сухой биомассы у сортов сои северного экотипа составляла в среднем 525 г/м², у южных и дальневосточных – 540 г/м², индекс листовой поверхности достигал максимума – 5,3–5,5 в зависимости от сорта, потенциальная урожайность в данном случае прогнозировалась на уровне 2,0–2,2 т/га.

7. С целью обеспечения получения стабильного урожая семян, увеличения продуктивности и сокращения продолжительности вегетационного периода раннеспелых сортов сои при интродукции в новые для них регионы возделывания целесообразно скорректировать ряд агротехнических приемов, а именно – сроки, способы посева и густоту всходов, применять биологически активные вещества и пинцировку посевов.

8. Наибольшая урожайность семян при благоприятных условиях увлажнения была отмечена при посеве во второй срок – с 6 по 10 мая – и составила по сортам 2,3–2,7 т/га. Этому способствовал посев семян в хорошо прогретую почву, своевременность появления всходов и дальнейшее активное формирование растениями зеленой массы и плодоземента. Наиболее близким по основным элементам структуры урожая ко второму сроку посева оказался третий – с 11 по 15 мая. При обоих сроках посева максимальными оказались значения массы семян с 1 растения и массы 1000 семян, соответственно 4,9–7,2 г/раст. и 126–142 г. В засушливых условиях вегетационного периода наибольшая урожайность сформировалась у всех сортов сои при посеве в первые два срока – в интервалы с 1 по 5 мая и с 6 по 10 мая, так как за эти периоды семена и всходы сои смогли в наибольшей мере использовать запасы влаги в почве до наступления засухи. Самая низкая продуктивность была отмечена при любых условиях влагообеспеченности вегетационного периода при самом позднем сроке посева, который приходился на интервал с 21 по 25 мая. Растения не смогли накопить необходимую сумму активных температур, максимально использовать тепло и запасы влаги, что в результате выразилось в резком снижении показателей основных элементов структуры урожая и урожайности в целом.

9. Наилучшие показатели фотосинтетической деятельности и продукционного процесса у сортов сои детерминантного и полудетерминантного типа роста с продолжительностью вегетационного периода от 75 до 100 дней (Светлая, Касатка – северного экотипа, Бара – южной селекции) были достигнуты при обычном рядовом способе посева с шириной междурядий 15 см и густотой стояния всходов 600 тыс. растений на гектар, у сортов индетерминантного типа роста с продолжительностью вегетационного периода от 100 до 120 дней (Лири – южной селекции, Лидия, Грация – дальневосточной селекции) – при широкорядном способе посева с шириной междурядий 45 см и густотой стояния всходов 500 тыс. растений на гектар. Максимальная урожайность семян была получена у всех групп сортов при обычном рядовом способе посева и густоте всходов 600 тыс. растений на гектар и при широкорядном способе посева и густоте всходов 500 тыс. растений на гектар и составила в среднем по годам исследований соответственно 1,65–1,84 т/га и 1,83–1,98 т/га.

10. Применение биологически активных веществ способствует увеличению энергии прорастания, лабораторной и полевой всхожести, активизации фотосинтетической и симбиотической деятельности растений сои, а также улучшению показателей элементов структуры урожая и урожайности

семян. При обработке семян биологически активными веществами Эпин-Экстра, Циркон, Силиплант, Флоравит энергия прорастания семян увеличивалась на 18–21 %, лабораторная всхожесть – на 3–9 %, а полевая всхожесть на 5–10 %. Возросли морфометрические показатели длины корней и проростков на 17–26 % и 17–23 % соответственно. Наилучшие морфометрические показатели корней и проростков были получены при обработке семян препаратом Силиплант, в этом варианте длина корней превышала контрольный вариант на 26 % на 7 сутки и на 28 % – на 10 сутки, а проростков соответственно – на 23 % и 21 %. При обработке препаратом Флоравит длина корней превышала контрольный вариант на 17 % и 21 %, а проростков – на 20 % и 17 % соответственно.

11. Наибольшая урожайность семян сортов сои различного эколого-географического происхождения была получена в вариантах с обработкой растений сои в фазу R1 – начало цветения препаратами Силиплант и Флоравит, и составила от 2,12 до 2,28 т/га. Сбор протеина в этих вариантах составил от 778 до 921 кг с гектара. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила по урожайности – 15–23 %, по сбору белка – 15–25 %.

12. Пинцировка посевов сои, проведенная в фазу R3 – начало образования плодов, являлась эффективным приемом сокращения продолжительности вегетационного периода в среднем на 15 дней, что имеет особое значение в годы с недостатком тепла и избытком влаги. При этом не происходит снижения продуктивности агроценоза и сохраняется качество урожая. Применение пинцировки способствует росту числа боковых побегов более чем в два раза, урожайность семян достигает 2,0 т/га, содержание белка в семенах – 42,2 %, жира – 19,2 %, сбор белка с урожаем семян – 799 кг/га.

13. В годы с недостаточной влагообеспеченностью при ГТК < 0,7 значительных различий по показателям урожайности семян между сортами различного эколого-географического происхождения не наблюдалось, она формировалась на уровне 1,41–1,54 т/га. Наибольшая урожайность семян сои по сортам различного эколого-географического происхождения формировалась в годы с достаточной влагообеспеченностью. При ГТК 0,7–1,4 наибольшая урожайность была у южных сортов и составила в среднем 2,38–2,52 т/га, у сортов северного экотипа – 1,86–2,28 т/га и у дальневосточных – 2,12–2,42 т/га. Сбор протеина по сортам и в разные годы исследований варьировал аналогично урожайности и при благоприятных условиях влагообеспеченности по всем сортам достигал 800 кг/га. Наибольший сбор протеина был у сортов сои северного экотипа Окская, Светлая, Георгия, у южных сортов Лира, Аванта, Бара и у дальневосточных сортов Персона, Умка и составил от 850 до 920 кг/га.

14. Сорта сои северного экотипа и других регионов районирования, выращенные в условиях Центрального района Нечерноземной зоны, не уступают традиционным сортам зернового направления по урожайности, содержанию белка и жира, аминокислотному и жирно-кислотному составу. Содержание белка в семенах сортов сои различного эколого-географического происхождения варьировало от 38,7 % до 40,6 %, сбор белка с урожаем – от 735 до 939 кг/га.

Состав белка характеризовался высоким содержанием суммы незаменимых аминокислот – 60–68 %, в том числе лизина – 7,8–8,1 % и триптофана – 4,7–4,9 %. Содержание жира в семенах варьировало от 19,4 % до 19,9 %, сбор жира с урожаем – 357 до 442 кг/га. В результате сопоставления жирно-кислотного состава изучаемых сортов сои различного эколого-географического происхождения было выявлено, что по содержанию ненасыщенных жирных кислот сорта сои северного экотипа в большей мере соответствуют пищевым сортам, южные – традиционным, дальневосточные сорта были ближе к пищевым по содержанию белка и жира, а по соотношению линолевой и линоленовой кислот – к традиционным.

15. Соеводство в Центральном районе Нечерноземной зоны является высокорентабельной отраслью. Уровень рентабельности сортов сои различного эколого-географического происхождения варьировал от 140 % при урожайности 1,86 т/га до 213 % при урожайности 2,45 т/га. Лучшие показатели у всех изучаемых групп сортов были получены при обычном рядовом способе посева и густоте 600 тыс. растений, и при широкорядном способе посева и густоте 500 тыс. растений на гектар. В этих вариантах стоимость урожая превышала другие варианты на 10–15 %, что способствовало увеличению условно чистого дохода на 2,5–3,0 тыс. руб./га. Уровень рентабельности при этих густотах составил 221–229 %. Максимальный выход энергии с урожаем был при густотах 500 и 600 тыс. растений на 1 га и составил 48,5 и 49,2 ГДж/га соответственно. Максимальный чистый энергетический доход был получен при этих же густотах и составил 29,2 и 30,6 ГДж/га. Биоэнергетический коэффициент посева составил 2,51 и 2,65. При применении биологически активных веществ наилучшие показатели экономической и энергетической эффективности были в вариантах с обработкой посевов препаратами Силиплант и Флоравит. Уровень рентабельности превышал контрольный вариант на 12–32 % в зависимости от препарата и фазы, в которую проводилась обработка.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. С учетом особенностей сортов и при соблюдении технологии, включающей приемы по оптимизации продолжительности вегетационного периода, для возделывания в Тверской, Ярославской, Костромской областях рекомендуются сорта сои Магева, Светлая, Касатка, Персона; для возделывания в Смоленской, Московской, Калужской, Владимирской, Ивановской областях рекомендуются сорта сои Магева, Окская, Светлая, Касатка, Бара, Персона, Умка; для возделывания в Брянской, Орловской, Рязанской, Тульской областях рекомендуются сорта сои Магева, Окская, Светлая, Касатка, Георгия, Лири, Аванта, Бара, Персона, Умка, Лидия, Грация.

2. Посев раннеспелых сортов сои во всех агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны рекомендуется производить в конце первой – начале второй декады мая.

3. Сорта сои детерминантного типа роста с вегетационным периодом от 75 до 100 дней рекомендуется высевать обычным рядовым способом с шириной

междурядий 15 см и густотой всходов 600 тыс. растений на гектар, сорта полудетерминантного и индетерминантного типа роста с вегетационным периодом от 100 до 120 дней – широкорядным способом с шириной междурядий 45 см и густотой всходов 500 тыс. растений на гектар.

4. Индекс листовой поверхности 4–5 и величина нарастания биомассы 525–540 г/м² к фазе R4 – выполненные бобы (длина бобов на верхних ярусах составляет 20 мм) являются критериями контроля продукционного процесса и формирования потенциальной урожайности семян на уровне 2,0–2,2 т/га.

5. Пинцировка посевов сои, проведенная в фазу R3 – начало образования плодов, является эффективным приемом сокращения продолжительности вегетационного периода в среднем на 15 дней, что является особенно важным в годы с недостатком тепла и избытком влаги.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Ключевым направлением дальнейших исследований будет являться изучение возможностей расширения границ соеяния в Центральном районе Нечерноземной зоны и разработка адаптационных технологий возделывания новых для региона сортов сои с целью увеличения урожайности семян и сбора белка с единицы площади. В настоящем диссертационном исследовании изучались приемы, обеспечивающие своевременное созревание разнотипных раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны. В дальнейшем предполагается расширить спектр исследований по адаптации агротехнологических приемов к биологическим особенностям сортов сои с учетом агроклиматических особенностей каждой из подзон Центрального района Нечерноземной зоны.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1. **Бельшкіна, М.Е.** Урожайность и элементы структуры урожая раннеспелых сортов сои при разных способах посева и густоте стояния растений / М.Е. Бельшкіна // Аграрная Россия. – 2010. – № 3. – С. 52–56.

2. Гатаулина, Г.Г. Урожайность и элементы структуры урожая ультраскороспелого сорта сои Касатка при разных способах посева и густоте стояния растений / Г.Г. Гатаулина, **М.Е. Бельшкіна** // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – Вып. 6. – С. 51–54.

3. **Бельшкіна, М.Е.** Особенности роста, развития и потребность в тепле для прохождения межфазных периодов у разнотипных сортов сои / М.Е. Бельшкіна // Аграрная Россия. – 2012. – № 1. – С. 17–20.

4. Гатаулина, Г.Г. Рост и развитие раннеспелых сортов сои при разных сроках посева в Московской области / Г.Г. Гатаулина, **М.Е. Бельшкіна** // Кормопроизводство. – 2012. – № 3. – С. 26–28.

5. **Бельшкіна, М.Е.** Анализ и перспективы производства сои в России и мире / М.Е. Бельшкіна // Кормопроизводство. – 2013. – № 7. – С. 3–7.
6. **Бельшкіна, М.Е.** Современное состояние и перспективы мирового и российского рынков сои / М.Е. Бельшкіна // Аграрная Россия. – 2013. – № 6. – С. 7–11.
7. **Бельшкіна, М.Е.** Приоритетные направления развития производства сои в Российской Федерации / М.Е. Бельшкіна // АГРО XXI. – 2013. – №10–12. – С. 9–11.
8. Гатаулина, Г.Г. Системный подход к анализу динамических характеристик продукционного процесса у зерновых бобовых культур / Г.Г. Гатаулина, С.С. Соколова, **М.Е. Бельшкіна** // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – Вып. 2. – С. 69–95.
9. Гатаулина, Г.Г. Вариабельность урожайности и стрессовые факторы у зернобобовых культур / Г.Г. Гатаулина, **М.Е. Бельшкіна**, Н.В. Медведева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2016. – Вып. 4. – С. 96–112.
10. Гатаулина, Г.Г. Соя и другие зернобобовые культуры импортировать или производить? / Г.Г. Гатаулина, **М.Е. Бельшкіна** // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Вып. 8. – С. 5–11.
11. Попова, Н.П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа / Н.П. Попова, **М.Е. Бельшкіна**, Т.П. Кобозева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – Вып. 1. – С. 104–108.
12. **Бельшкіна, М.Е.** Проблема производства растительного белка и роль зерновых бобовых культур в ее решении / М.Е. Бельшкіна // Природообустройство. – 2018. – Вып. 2. – С. 65–73.
13. **Бельшкіна, М.Е.** Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа / М.Е. Бельшкіна, Т.П. Кобозева, В.А. Шевченко, У.А. Делаев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – Вып. 4. – С. 182–190.
14. **Бельшкіна, М.Е.** Динамические параметры формирования урожая раннеспелых сортов сои в условиях Центрального Нечерноземья / М.Е. Бельшкіна // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4 (44). – С. 77–84.
15. **Бельшкіна, М.Е.** Фотосинтетическая деятельность посевов и формирование урожая раннеспелых сортов сои / М.Е. Бельшкіна // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – Вып. 1. – С. 34–44.
16. Дорохов, А.С. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития / А.С. Дорохов, **М.Е. Бельшкіна**, К.К. Большева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3 (47). – С. 25–33.
17. **Бельшкіна, М.Е.** Сравнительный анализ биохимического состава сортов сои северного экотипа и оценка их пригодности для переработки / М.Е. Бельшкіна, Е.В. Гуреева // Аграрная Россия. – 2020. – № 1. – С. 35–39.

18. Дорохов, А.С. Концепция формирования инновационного агропромышленного соевого кластера в Дальневосточном регионе / А.С. Дорохов, **М.Е. Бельшкіна** // Аграрная Россия. – 2020. – № 3. – С. 41–48.
19. **Бельшкіна, М.Е.** Содержание и качество жира в семенах сои северного экотипа / М.Е. Бельшкіна, Е.В. Гуреева // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 21 (184). – С. 15–23.
20. **Бельшкіна, М.Е.** Влияние агрометеорологических условий на продукционный процесс сортов сои северного экотипа / М.Е. Бельшкіна // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2 (50). – С. 15–21.
21. **Бельшкіна, М.Е.** Пути совершенствования технологии уборки и послеуборочной доработки сои / М.Е. Бельшкіна, И.А. Старостин, М.Г. Загоруйко // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 4–9.
22. **Бельшкіна, М.Е.** Биохимический состав семян раннеспелых сортов сои и его вариабельность в зависимости от сортовых особенностей и метеорологических условий вегетационного периода / М.Е. Бельшкіна // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – Вып. 3. (51). – С. 33–40.
23. **Бельшкіна, М.Е.** Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода / М.Е. Бельшкіна, Т.П. Кобозева, Е.В. Гуреева // Аграрный научный журнал. – 2020. – Вып. 9. – С. 4–9.
24. Кобозева, Т.П. Оптимизация созревания и уборки сои в условиях Нечерноземной зоны России / Т.П. Кобозева, Н.П. Попова, **М.Е. Бельшкіна** // Агроинженерия. – 2020. – № 5 (99). – С. 21–26.
25. **Бельшкіна, М.Е.** Влияние применения некорневых подкормок на симбиотическую деятельность и продуктивность сои северного экотипа / М.Е. Бельшкіна, В.А. Шевченко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 13. – № 4 (67). – С. 215–220.
26. **Бельшкіна, М.Е.** Эффективность применения биологически активных препаратов на посевах сои в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации / М.Е. Бельшкіна // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – Вып. 1 (53). – С. 19–24.
27. **Бельшкіна, М.Е.** Влияние агроклиматических условий на жирнокислотный состав сои северного экотипа / М.Е. Бельшкіна, Т.П. Кобозева // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 8. – С. 9–12.
28. Дорохов, А.С. Агроклиматическая характеристика регионов Нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои / А.С. Дорохов, **М.Е. Бельшкіна** // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – Вып. 3 (55). – С. 34–39.
29. Загоруйко, М.Г. Мониторинг показателей фотосинтетической деятельности и его использование для прогнозирования потенциальной

урожайности сои / М.Г. Загоруйко, **М.Е. Бельшкина**, Р.К. Курбанов, Н.И. Захарова // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 12. – С. 9–12.

30. **Бельшкина, М.Е.** Особенности продукционного процесса сортов сои разных регионов районирования в агроклиматических условиях ЦРНЗ РФ / М.Е. Бельшкина, М.Г. Загоруйко // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 3. – С. 4–9.

31. **Бельшкина, М.Е.** Динамические параметры продукционного процесса раннеспелых сортов сои в зависимости от условий влагообеспеченности вегетационного периода / М.Е. Бельшкина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – Вып. 1 (57). – С. 33–39.

Публикации в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus

32. Dorokhov, A.S. Technological Support of Soybean Cultivation / A.S. Dorokhov, **М.Е. Belyshkina**, I.A. Starostin, N.O. Chilingaryan // Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. – 2020. – Vol. 51. – № 3. – Pp. 42–45.

Патенты и авторские свидетельства

33. Патент РФ на изобретение № RU 2712501 С1 «Способ выращивания сои» / **Бельшкина, М.Е.**, заявитель ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, с датой регистрации: 29.01.2020 г. 1 с.

34. Патент РФ на изобретение № RU 2717979 С1 «Способ выращивания сои» / **Бельшкина, М.Е.**, заявитель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, с датой регистрации: 27.03.2020 г. 1 с.

35. Свидетельство № 2022620837 на базу данных «Оценка агроклиматических условий и прогноз смещения северной границы возделывания сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны» / **Бельшкина, М.Е.**, Загоруйко, М.Г., заявитель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, с датой регистрации: 18.04.2022 г. 1 с.

36. Свидетельство № 2022620904 на базу данных «Алгоритм подбора модели сорта сои с учетом агроклиматических условий региона возделывания» / **Бельшкина, М.Е.**, Загоруйко, М.Г., заявитель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, с датой регистрации: 21.04.2022 г. 1 с.

Монографии

37. **Бельшкина, М.Е.** Соя в центральном Нечерноземье / М.Е. Бельшкина. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – 128 с.

38. **Бельшкина, М.Е.** Биологические, агротехнологические и экономические аспекты производства сои в Российской Федерации / М.Е. Бельшкина. – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. – 131 с.

Публикации в региональных изданиях и материалах конференций

39. Гатаулина, Г.Г. Периоды развития и формирование урожая у зернобобовых культур / Г.Г. Гатаулина, **М.Е. Бельшкина**, Е.В. Беляев, С.С. Соколова // Доклады ТСХА: Сб. статей. – Вып. 282. – Ч. I. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2010. – С. 401–405.

40. **Бельшкина, М.Е.** Особенности развития и семенная продуктивность

раннеспелых сортов сои при разных сроках посева в условиях Московской области / М.Е. Бельшкіна // Материалы Международной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 145-летию РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2010. – Т. 1. – С. 11–15.

41. Гатаулина, Г.Г. Фотосинтетическая деятельность и формирование урожая скороспелых сортов сои в условиях Московской области / Г.Г. Гатаулина, **М.Е. Бельшкіна** // Доклады ТСХА: Сб. статей. – Вып. 283. – Ч. I. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2011. – С. 11–14.

42. **Бельшкіна, М.Е.** Результаты применения гербицида Реглон в качестве десиканта на посевах сои в условиях Московской области / М.Е. Бельшкіна // Достижения науки – агропромышленному производству: Материалы Международной научно-технической конференции. – Челябинск: ЧГАА, 2011. – С. 8–10.

43. **Бельшкіна, М.Е.** Продолжительность вегетации и отдельных межфазных периодов разнотипных раннеспелых сортов сои в условиях Московской области / М.Е. Бельшкіна // Инновационные научные решения – основа модернизации аграрной экономики: Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Пермь: ПГСХА, 2011. – С. 12–14.

44. **Бельшкіна, М.Е.** Особенности нарастания биомассы раннеспелых сортов сои по периодам развития и использование этих показателей при прогнозировании урожайности / М.Е. Бельшкіна // Научные исследования – основа модернизации сельскохозяйственного производства: Материалы Международной научно-практической конференции. – Тюмень: Тюменская ГСХА, 2011. – С. 24–27.

45. **Бельшкіна, М.Е.** Особенности формирования урожая раннеспелых сортов сои при разных способах посева и густоте стояния растений / М.Е. Бельшкіна // Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: Материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград: ВГАУ, 2012. – С. 19–21.

46. **Бельшкіна, М.Е.** Влияние сроков посева на элементы структуры урожая разнотипных сортов сои в условиях Московской области / М.Е. Бельшкіна // Наука и молодежь: новые идеи и решения: Материалы IV научно-практической конференции. – Волгоград: ВГАУ, 2012. – С. 19–21.

47. **Бельшкіна, М.Е.** Особенности развития и продолжительность вегетации раннеспелых сортов сои в условиях Центрального Нечерноземья / М.Е. Бельшкіна // Развитие АПК в свете инновационных идей молодых ученых: Материалы Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. – СПб.: Санкт-Петербургский ГАУ, 2012. – С. 12–16.

48. **Бельшкіна, М.Е.** Формирование биомассы раннеспелых сортов сои в зависимости от густоты стояния растений и способа посева в условиях Центрального Нечерноземья / М.Е. Бельшкіна // Аграрная наука: современные проблемы и перспективы развития: Материалы Международной научно-практической конференции. – Махачкала: Дагестанский ГАУ, 2012. – С. 1323–1328.

49. **Бельшкіна, М.Е.** Особенности роста, развития и потребность в тепле разнотипных раннеспелых сортов сои для прохождения межфазных периодов в условиях Центрального Нечерноземья РФ / М.Е. Бельшкіна // *Материалы Международной конференции молодых ученых и специалистов РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.* – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – Т. 1. – С. 5–8.

50. **Бельшкіна, М.Е.** Урожайность и элементы структуры урожая раннеспелых сортов сои при разных сроках посева в условиях Центрального Нечерноземья / М.Е. Бельшкіна // *Продуктивность культурных растений в зависимости от погодных условий: Материалы Международной научно-практической конференции.* – Новосибирск: Новосибирский ГАУ, 2012. – С. 82–87.

51. **Бельшкіна, М.Е.** Особенности роста, развития и продуктивность раннеспелых сортов сои при разных сроках посева в условиях Центрального Нечерноземья / М.Е. Бельшкіна // *Развитие инновационной деятельности в АПК региона: Материалы Международной научно-практической конференции.* – Барнаул: АЗБУКА, 2012. – С. 117–122.

52. **Бельшкіна, М.Е.** Особенности прохождения межфазных периодов разнотипными раннеспелыми сортами сои в условиях Центрального Нечерноземья РФ / М.Е. Бельшкіна // *Вестник аграрной науки Дона.* – 2012. – № 2(18). – С. 76.

53. **Бельшкіна, М.Е.** Значение, распространение и роль сои в решении проблемы производства растительного белка / М.Е. Бельшкіна // *Доклады ТСХА: Сб. статей.* – Вып. 285. – Ч. I. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. – С. 46–48.

54. **Бельшкіна, М.Е.** Значение, распространение и объемы производства сои в России и мире / М.Е. Бельшкіна // *Перспективы инновационного развития АПК и сельских территорий: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Алтайского государственного аграрного университета.* – Барнаул: Алтайский ГАУ, 2013. – С. 255–258.

55. **Бельшкіна, М.Е.** Приоритетные направления производства сои в Российской Федерации / М.Е. Бельшкіна // *Молодежь и наука XXI века: Материалы IV Международной научно-практической конференции.* – Т. III. Ульяновск: УГСХА имени П.А. Столыпина, 2014. – С. 90–93.

56. **Бельшкіна, М.Е.** Производство сои в Российской Федерации как одно из направлений обеспечения продовольственной безопасности / М.Е. Бельшкіна // *Молодежь и инновации: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов.* – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2014. – С. 3–7.

57. **Бельшкіна, М.Е.** Производство сои в Российской Федерации – приоритетные направления развития / М.Е. Бельшкіна // *Доклады ТСХА: Сб. статей.* – Вып. 286. – Ч. I. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – С. 5–7.

58. **Бельшкіна, М.Е.** Влияние сроков посева сои на продолжительность вегетационного периода и элементы структуры урожая в условиях Центрального Нечерноземья / М.Е. Бельшкіна // *Материалы Всероссийской научно-*

практической конференции с Международным участием Белгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства. – Тамбов, 2016. – С. 50–55.

59. Гатаулина, Г.Г. О вариабельности урожайности сои и люпина / Г.Г. Гатаулина, **М.Е. Бельшкіна**, Н.В. Медведева, С.С. Никитина // Доклады ТСХА: Сб. статей. – Вып. 290. – Ч. III. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. – С. 89–91.

60. Кобозева, Т.П. Состав белкового комплекса семян сои северного экотипа в условиях высоких широт и ограниченного теплового ресурса / Т.П. Кобозева, **М.Е. Бельшкіна**, Н.П. Попова // Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы: Материалы Международной научно-практической конференции. – Благовещенск: Изд-во ФГБНУ ВНИИ сои, 2018. – С. 333–337.

61. **Бельшкіна, М.Е.** Формирование урожая раннеспелых сортов сои в условиях стрессовых факторов среды / М.Е. Бельшкіна // Материалы Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. – С. 718–723.

62. **Бельшкіна, М.Е.** Соя – производить или импортировать? / М.Е. Бельшкіна // Научное и творческое наследие А.В. Чайнова в аграрной экономике XXI века: Материалы Международной научной конференции. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. – С. 187–192.

63. **Бельшкіна, М.Е.** Соя – источник полноценного растительного белка в кормопроизводстве / М.Е. Бельшкіна // Доклады ТСХА: Сб. статей. – Вып. 291. – Ч. III. – М.: Изд-во Калужского филиала РГАУ-МСХА, 2019. – С. 584–589.

64. **Бельшкіна, М.Е.** Биохимический состав семян сортов сои северного экотипа / М.Е. Бельшкіна // Фундаментальные основы и прикладные решения актуальных проблем возделывания зерновых бобовых культур: Материалы Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2020. – С. 101–108.

65. **Бельшкіна, М.Е.** Влияние лимитирующих факторов вегетационного периода на формирование урожая раннеспелых сортов сои / М.Е. Бельшкіна, Е.В. Гуреева // Растениеводство и луговодство: Материалы Всероссийской научной конференции с Международным участием. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2020. – С. 640–645.

66. **Бельшкіна, М.Е.** Агротехнические требования к уборке сои / М.Е. Бельшкіна // Вклад молодых ученых в аграрную науку: Материалы Международной научно-практической конференции. – Самара: Изд-во ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – С. 21–24.