

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ»

На правах рукописи

БЕЛЫШКИНА Марина Евгеньевна

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

Специальность 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Кобозева Тамара Петровна

Москва – 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ПРОИЗВОДСТВО СОИ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ В НОВЫЕ РЕГИОНЫ	18
1.1. Решение проблемы дефицита растительного белка. Соя – значение и история культуры	18
1.2. Структура производства сои – спрос и предложение на мировом рынке	26
1.3. Производство сои в Российской Федерации: текущее состояние и потенциал роста	30
1.4. Биологические особенности сои и оптимальные агроклиматические условия для осуществления продукционного процесса	47
1.5. Особенности фотосинтетической деятельности и системный подход к анализу динамических характеристик продукционного процесса сои	59
1.6. Агроэкологическое районирование и адаптация современных сортов сои к новым условиям произрастания	66
1.7. Приемы оптимизации продукционного процесса сои	75
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	86
2.1. Почвенно-климатические условия проведения исследований	86
2.2. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований	88
2.3. Схемы опытов	94
2.4. Методика проведения исследований	99
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ И ОБОСНОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ	102
3.1. Трансформация климата Центрального района Нечерноземной зоны в условиях глобального потепления	102
3.2. Агроклиматическая характеристика регионов Центрального района Нечерноземной зоны	109
3.3. Обоснование смещения северной границы возделывания сои ...	119
3.4. Сравнительная оценка климатических условий в годы проведения исследований и выявление лимитирующих факторов ...	127

ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ	134
4.1. Характеристика раннеспелых сортов сои различного эколого- географического происхождения, отобранных для возделывания в условиях Центрального района Нечерноземной зоны	134
4.2. Рост и развитие раннеспелых сортов сои в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода	143
4.3. Параметры оптимальной модели сорта сои для агроклиматических подзон Центрального района Нечерноземной зоны	164
ГЛАВА 5. ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ	169
5.1. Системный подход к анализу динамических характеристик продукционного процесса сои	169
5.2. Особенности фотосинтетической деятельности и динамические характеристики продукционного процесса раннеспелых сортов сои .	177
ГЛАВА 6. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕГЕТАЦИИ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В НОВЫЕ РЕГИОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ	200
6.1. Оптимизация срока посева раннеспелых сортов сои в зависимости от агроклиматических условий региона возделывания .	200
6.2. Формирование оптимальной плотности ценоза сои с учетом морфотипа сорта и условий вегетационного периода	211
6.3. Применение биологически активных веществ для обработки семян и вегетирующих растений сои, их влияние на ростовые процессы и продуктивность	219
6.4. Эффективность применения пинцировки на сортах сои полудетерминантного типа роста	235
ГЛАВА 7. ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА	245
7.1. Вариабельность урожайности раннеспелых сортов сои в зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода	245
7.2. Сравнительный анализ биохимического состава семян сортов сои северного экотипа и оценка их пригодности для переработки	252

7.3. Биохимический состав семян и его вариабельность в зависимости от сортовых особенностей и метеорологических условий вегетационного периода	260
ГЛАВА 8. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ	264
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	271
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	278
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	279
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	280
Приложение А	353
Приложение Б	354
Приложение В	356
Приложение Г	358
Приложение Д	360
Приложение Е	362
Приложение Ж	364
Приложение З	367
Приложение И	368
Приложение К	369
Приложение Л	372
Приложение М	374
Приложение Н	377
Приложение О	387
Приложение П	388
Приложение Р	397
Приложение С	399
Приложение Т	400
Приложение У	401
Приложение Ф	402
Приложение Х	403
Приложение Ц	404
Приложение Ч	405

ВВЕДЕНИЕ

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 (FAOSTAT, 2021). 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 (FEDSTAT, 2020).

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 типа развития.

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 (2021), 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 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 сосеяния, 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 (1984, 2005, 2006, 2007), Г.Г. Гатаулиной (1982, 2011, 2012, 2013, 2016, 2019), Т.П. Кобозевой (2005, 2006, 2007, 2015, 2016, 2018, 2020), Е.В. Гуреевой (2006, 2009, 2010, 2012, 2017, 2021), В.К. Храмого (2009, 2012, 2014, 2017, 2018), Т.Д. Сихарулидзе (2012, 2014, 2017), Е.В. Головиной (2012, 2013, 2015, 2016, 2019, 2020), В.И. Зотикова (2012, 2013, 2015, 2018, 2019), Г.Т. Балакая (2020), Л.А. Бухановой (2007, 2008, 2015), Н.В. Заренковой (2007, 2015, 2019, 2020), Е.В. Беляева (2005, 2006, 2007), С.С. Никитиной (2016, 2019) 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 (1941), А.А. Ничипорович (1963, 1966, 1977, 1982, 1988), Х.Г. Тооминг (1977, 1984, 1988), М.И. Зеленский (1995), А.В. Дозоров (2004, 2007, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017), А.Т. Мокроносков (1983, 1988), Г.Г. Гатаулина (1995, 2012, 2013, 2014, 2016, 2019), Т.П. Кобозева (2007, 2008, 2012, 2013, 2015, 2020), В.Т. Синеговская (2001, 2005, 2013, 2017, 2019), В.А. Тильба (1975, 2002, 2012, 2016), Е.В. Головина (2008, 2011, 2012, 2013, 2015, 2019), В.И. Зотиков (2011, 2019), Е.В. Гуреева (2007, 2008, 2009, 2010, 2016, 2017, 2018), М. Ashraf

(2013), J.A. Bassham (1977), T.R. Sinclair (1989), D.B. Egli (1988, 1989, 1991, 1993, 1997, 2010), W.R. Fehr (1977, 1987), D.J. Watson (1958, 1963) 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 пинцировка 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 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 соесояния 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 погодно-климатических 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 variability, повышающих стабильность вызревания сои и обеспечивающих высокое качество семян.

6. Биохимический состав семян и его variability 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.

ГЛАВА 1. ПРОИЗВОДСТВО СОИ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТРОДУКЦИИ В НОВЫЕ РЕГИОНЫ

1.1. Решение проблемы дефицита растительного белка.

Соя – значение и история культуры

Решение задачи обеспечения продовольственной безопасности страны и снабжения населения пищевой продукцией с высоким содержанием белка становится особенно актуальным в существующем мировом политическом устройстве и реализации в Российской Федерации концепции импортозамещения. Одним из направлений ее эффективного решения является увеличение масштабов производства ценной высокобелковой культуры – сои, а также продуктов ее переработки (Чекмарев П.А., Артюхов А.И., 2011; Зотиков В.И., Грядунова Н.В. и др., 2014; Зотиков В.И., 2015). С экономической точки зрения пищевая продукция из сои является современным, конкурентоспособным рыночным товаром, различные аспекты которого привлекают внимание значительной части предпринимателей и потребителей.

Соя является уникальной сельскохозяйственной культурой, содержащей в семенах до 58 % белка и до 29 % жира. Такой состав позволяет использовать сою как сырье на пищевые, кормовые и технические цели (Martin R.J., Bollero A.G., et al., 2007; Baddeley J.A., Jones S., et al., 2013; Ануфриева О.А., Жичкин К.А., 2019). Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (2008), человеку для полноценного питания в среднем в сутки требуется 100–110 г белка. Дефицит потребления белка в Российской Федерации составляет более 40 % от рекомендуемой нормы. В последние годы растительный белок становится все более востребованным в качестве основы для производства кормов для отрасли животноводства. Для производства единицы белка животного происхождения требуется 4–7

единиц белка растительного (Slafer G.A., Savin R., et al., 2014; Дагаргулия Р.Г., 2018; Линников П.И., 2018).

Способность сои, как бобовой культуры, за счет осуществления симбиоза с клубеньковыми бактериями рода *Rhizobium*, фиксировать азот непосредственно из атмосферы является одной из основных не только биологических, но и хозяйственных особенностей этой уникальной культуры. При оптимальных условиях симбиотической азотфиксации растения сои могут усваивать до 150–190 кг/га атмосферного азота, что позволяет улучшить его баланс в почве, уменьшить объемы использования минеральных азотсодержащих удобрений, повысить урожайность и рентабельность производства этой культуры (Гатаулина Г.Г., 2015).

Выращивание сои на зерно имеет свои преимущества в многообразии направлений использования, в случае переработки на масло, получаемый в качестве отхода шрот является ценным концентрированным белковым кормом для животных и может долго храниться без заметного ухудшения качества.

В 1 кг семян сои содержится до 480 г белка, включающего ценные аминокислоты: лейцин – 26,2 г, аргинин – 25,6 г, глицин – 21,9 г, валин – 18 г, изолейцин – 17,6 г, фенилаланин – 17 г. Богатый по химическому составу белок сои позволяет широко использовать его для производства высокопитательных пищевых продуктов. Кроме того, при регулярном употреблении продуктов на основе сои способствует повышению эластичности сосудов, снижению риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и отложения солей. Многие пищевые продукты из сои стали символом здорового образа жизни, особенно в Китае и Японии, наряду с маслом пшеничных зародышей, проростков зерновых злаков, брокколи и т.д.

По данным ФАО, с экономической точки зрения использование соевого белка в рационах кормления животных позволяет резко сократить расходы зерна других культур и произвести больше животной продукции. Так, сбалансированные соевым белком корма позволяют расходовать для

производства одного килограмма мяса только 1,5 кормовые единицы, а без соевого белка – 8–10 кормовых единиц.

Следует отметить, что помимо ценных питательных веществ семена сои содержат несколько антипитательных веществ: ингибиторы трипсина, лектины, авитаминоз Д, металлосвязывающие соединения и другие нежелательные вещества, вызывающие неблагоприятную физиологическую реакцию организма животных. Из всех вышеуказанных антипитательных веществ в соевых бобах наибольший вред приносят ингибиторы трипсина. Эти вещества заложены природой для защиты от поедания птицами в поле и от развития микрофлоры, когда сырая масса потребляется нежвачными животными, ингибиторы связывают ферменты, которые выделяются поджелудочной железой животного, и тем самым уменьшается эффективность переваривания кормов.

В проведенных в США опытах при вводе в комбикорм свиньям сырой сои в количестве 20,5 % и цыплятам-бройлерам – 34 %, свиньи и цыплята не погибли, но дали в 1,5 раза меньше привеса, чем при скармливании пропаренной сои. Поэтому необходимо проводить термическую или гидротермическую обработку семян сои при подготовке к скармливанию, в качестве обработки применяются варка, жарка или экструдирование.

Оценивая значение сои в решении мировой проблемы белкового дефицита, следует отметить, что около 20 % населения в мире остро ощущают недостаток белковых продуктов, особенно в странах Африки, Азии и Латинской Америки, где по данным ФАО, в настоящее время голодает около 1 млрд. человек. Поэтому перед мировым сообществом и международными организациями индустриально- и аграрно-развитых стран уже много лет остро стоит необходимость решения продовольственного вопроса, в том числе за счет увеличения производства растительного белка (Зотиков В.И., Наумкина Т.С. и др., 2016).

В мире более 50 % растительного белка получают из сои, а мировое производство соевых бобов, несмотря на колебания в отдельные годы,

постоянно растет как за счет расширения посевных площадей, так и благодаря постоянному росту урожайности за счет внедрения новых перспективных сортов (Гатаулина Г.Г., Бельшкина М.Е., 2017).

Растительный белок, в отличие от белка животного происхождения, усваивается в среднем на 62–80 % и содержит меньше, чем животном белке количество ценных аминокислот. Однако, соевый белок имеет сбалансированный аминокислотный состав и способен усвоиться после соответствующей обработки на 86–98 %.

Ввиду ограниченности ресурсов белка животного происхождения и возможности его замены не менее ценным белком растительного происхождения, можно констатировать, что именно соевый белок является наиболее важным и реальным резервом пищевого и кормового белка в решении продовольственной проблемы. В настоящее время этому будут способствовать следующие направления развития (Быков Г.Е., 2011; Ven-Agi T., Makowski D., 2016):

- возделывание новых сортов сои, более урожайных и устойчивых к засухе и болезням, продвижение их в новые регионы;
- создание новых видов улучшенных соевых белковых продуктов с высокими функциональными характеристиками для развивающихся сегментов продовольственного рынка, в том числе разработка технологии и оборудования для получения белковых текстуратов нового поколения, которые можно использовать в хлебопекарной и пищевой промышленности;
- разработка рецептур кормов на основе соевого белка для кормления сельскохозяйственных животных, птицы и аквакультур и т.д.

Продукты переработки маслосемян – жмых и шрот являются ценным белковым продуктом, содержащим незаменимые аминокислоты, необходимые для животных и человека (Поморова Ю.Ю., Пятовский В.В. и др., 2019). Если на выравнивание белкового дефицита за счет животноводческой продукции потребуются многие десятилетия, то за счет

сои эту проблему можно решить за 7–8 лет (Гвалдова В.В., Дурнев Г.И., 2015; Штеле А.Л., 2015).

В корма на основе соевого белка часто добавляют кукурузу в соотношении 1:4, чтобы скомпенсировать небольшой дефицит метионина в соевом белке и лимит лизина и триптофана в кукурузном. Балансировка кормов по аминокислотному составу способствует сокращению расхода кормов при производстве мяса, молока и яиц.

Эффективность использования протеина как источника аминокислот для синтеза тканевых и других белков зависит при прочих равных условиях от содержания в нем незаменимых аминокислот и от того, насколько их соотношение совпадает с тем, что требуется организму. Белок сои близок к белку куриного яйца по содержанию аргинина, гистидина, триптофана, фенилаланина, а по содержанию лейцина соевый белок его превосходит. Почти в два раза меньше, чем в белке куриного яйца в белке семян сои содержится метионина и изолейцина.

Весьма благоприятен для питания человека и кормления животных также жирнокислотный состав соевого масла. В нем содержится незначительное (11–15 %) количество насыщенных (пальмитиновой и стеариновой) жирных кислот, избыток которых вреден для организма из-за образования холестерина в крови; высокое (50–55 %) – самой ценной ненасыщенной кислоты – линолевой; умеренное (20–30 %) – легкоусвояемой – олеиновой и низкое (6–12 %) – трудноусвояемой линоленовой кислоты (Zipper S.C., Qiu J., et al., 2016; Iizumi T., Shen Z., et al., 2017; Зотиков В.И., Сидоренко В.С. и др., 2018; Basso B., Liu L., 2019).

Российский агропромышленный комплекс обладает всем необходимым потенциалом для наращивания объемов производства сои как для внутреннего потребления, так и для экспорта в условиях обостряющейся мировой конкуренции. Однако отечественный рынок сои имеет свои закономерности развития в рамках концепции импортозамещения при решении задач продовольственной безопасности. Это обусловлено спросом

на растительный белок не только пищевой, но и кормовой промышленности. В связи с интенсивным развитием отрасли животноводства имеются существенные перспективы роста объемов производства культур. Для укрепления продовольственной безопасности России и подъема экономики АПК соя является культурой стратегической (Кривошлыков К.М., Рощина Е.Ю., 2016; Поддубная М.Н., Толстова А.З., 2017; Линников П.И., 2018).

В увеличении производства продуктов животноводства решающее значение имеет обеспечение животных кормами, сбалансированными по белку и другими компонентами, исходя из расчета 2,8–3,3 кг на 100 кг живой массы. Основное направление в получении растительного белка заключается в увеличении посевов и повышении урожайности бобовых культур и их смесей. В условиях интенсификации отраслей животноводства проблема обеспечения животных полноценными кормами, особенно протеином, становится более важной задачей (ФАО, 2008; Литвиненко О.В., Скрипко О.В. и др., 2017; Шафигуллин Д.Р., Гинс М.С. и др., 2020).

Уникальность сои как сырья для переработки связана не только с высоким содержанием белка и масла в семенах, но и с наличием в ее составе фосфатидов, лецитина, изофлавоноидов и большого комплекса витаминов. Благодаря симбиотической азотфиксации в симбиозе с клубеньковыми бактериями рода *Rhizobium*, соя способна обеспечить себя азотом и этот биологический азот, в отличие от минерального, является безопасным в экологическом отношении (Дебелый Г.А., 2009; Гатаулина Г.Г., Бельшкіна М.Е., 2017).

Ареал возделывания сои расположен достаточно широко от 54–56° с. ш. и до 48–50° ю. ш., то есть – от северной части Европейской территории и Дальнего Востока нашей страны, Швеции и Канады до Африки, Индонезии, Латинской Америки и Австралии. Благодаря длительному селективному эта культура хорошо приспособлена к различным почвенно-климатическим условиям. В нашей стране в результате создания сортов северного экотипа к концу XX века промышленное возделывание сои стало возможным на

широте Московского региона, а в последние десятилетия северная граница возделывания сои продвигается выше – в Северо-Западный регион (Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П. и др., 2006; Бельшкина М.Е., Кобозева Т.П., 2021).

Как культурное сельскохозяйственное растение, соя сформировалась в Китае. Дикая соя, предшественник нынешних сортов культивируемой сои, была известна еще 6–7 тысяч лет назад, и встречалась на всей территории Китая, а также в Японии, Корее и Дальнем Востоке России. При этом на Китай приходится наибольшая площадь ее распространения, там произрастает богатейшее многообразие культурных популяций сои (Енкен В.Б., 1959; Вавилов Н.И., 1965, 1966; Давыденко О.Г., 1995; Weller J.L., Ortega R., 2015).

В Европе соя культивируется с XVIII в., первые посевы были организованы в 1737 г. в Голландии, а два года спустя, в 1739 г., – во Франции. Урожай использовался скорее в научно-исследовательских целях, а не для производства продуктов питания или использования в качестве сельскохозяйственного корма. Впервые посевы сои промышленного типа были организованы в 1804 г. в Хорватии, а в 1873 г., на выставке в Вене соя была представлена как товарная сельскохозяйственная культура. В дальнейшем во многих европейских странах (Германия, Франция, Болгария, Италия, Швеция) проводились отдельные работы по селектированию и агроизучению культуры, но широкого распространения в Европе соя к концу XIX в. так и не получила (Енкен В.Б., 1959; Муханов В.Н., 2010).

Первые посевы сои в США были произведены еще в 1765 г. в штате Джорджия и в 1770 г. – в штате Пенсильвания. Благоприятный климат этой страны способствовал широкому распространению посевов сои. Массовое производство сои в США началось в 80-х гг. XIX в. В начале XX в. соя высевалась на площади 20 тыс. га, в 1935 г. площадь посева составляла 2,7 млн га, а к середине XX в. достигла 6 млн га. Традиционно вплоть до настоящего времени массовые посевы сои в США расположены в

благоприятных по обеспеченности теплом и влагой штатах: Айова, Иллинойс, Индиана, Миссури, Огайо. В настоящее время страна занимает лидирующие позиции в производстве и экспорте не только соевого зерна, но также шротов и масла. В настоящее время странами американского континента (США, Бразилия и Аргентина) суммарно производится около 80 % мировой сои (Гвалдова В.В., Кирсанова Е.В., 2015).

В Российской Империи соя выращивалась на зеленую массу для скармливания скоту вплоть до 1908 г., когда началось ее массовое внедрение в культуру сначала на территории Амурской области. На Кубани соя стала выращиваться с 1905–1907 гг., культуру завезли в регион из Китая и Манчжурии. Возделывание сои в промышленных масштабах в регионе началось в 1927 г, когда площадь посевов сои достигла 28,2 тыс. га. В 30–40-е годы XX века наибольшие площади посевов сои были сосредоточены на Европейской территории страны, начиная с 50-х гг. сместились в Дальневосточный регион, где находится автохтонный ареал распространения дикорастущей уссурийской сои (Енкен В.Б., 1959; Вавилов Н.И., 1965; Устарханова Э.Г., Черезов Р.Н., 2015).

Научное обеспечение соеводства в нашей стране также получило широкое развитие. Начиная с 30-х гг. XX в. были развернуты исследования сои в зональных научных учреждениях Поволжья, Центрального Черноземья и Нечерноземной зоны, в Дальневосточном регионе и на Северном Кавказе. Среди всех научных организаций наибольшее значение имели Северо-Кавказское отделение ВИР «Отрадо-Кубанское» и Кубанская опытная станция ВНИИМК на Северном Кавказе и Амурская опытная станция, преобразованная в 1968 г. во Всесоюзный научно-исследовательский институт сои (Мякушко Ю.П., Баранов В.Ф., 1984; Редкокашина А.В., 2016; Синеговская В.Т., 2018; Щегорец О.В., 2018).

Наиболее быстрыми темпами производство сои в нашей стране развивалось, начиная с 1980 г., и к 1989 г. практически достигло одного миллиона тонн. Но вместо продолжения роста на рубеже 90-х годов

произошел обвал и к 2000 г. площадь посева сои составляла всего 337 тыс. тонн. Затем начался постепенный рост, во многом благодаря государственной поддержке и принятию Государственных программ, направленных на развитие соеводства в России (Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П. и др., 2005; Синеговская В.Т., 2016).

1.2. Структура производства сои – спрос и предложение на мировом рынке

Выращивают сою в основных сельскохозяйственных регионах 90 стран. Мировая востребованность сои обусловлена не только ее универсальностью в использовании, но и агроэкологическими преимуществами по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами (Дозоров А.В., 2004; Ивевбор Л.У., Федулов, 2007; Дагаргулия Р.Г., 2020). Размеры уборочных площадей и валовой сбор сои в мире с каждым годом неуклонно возрастают (рисунок 1).

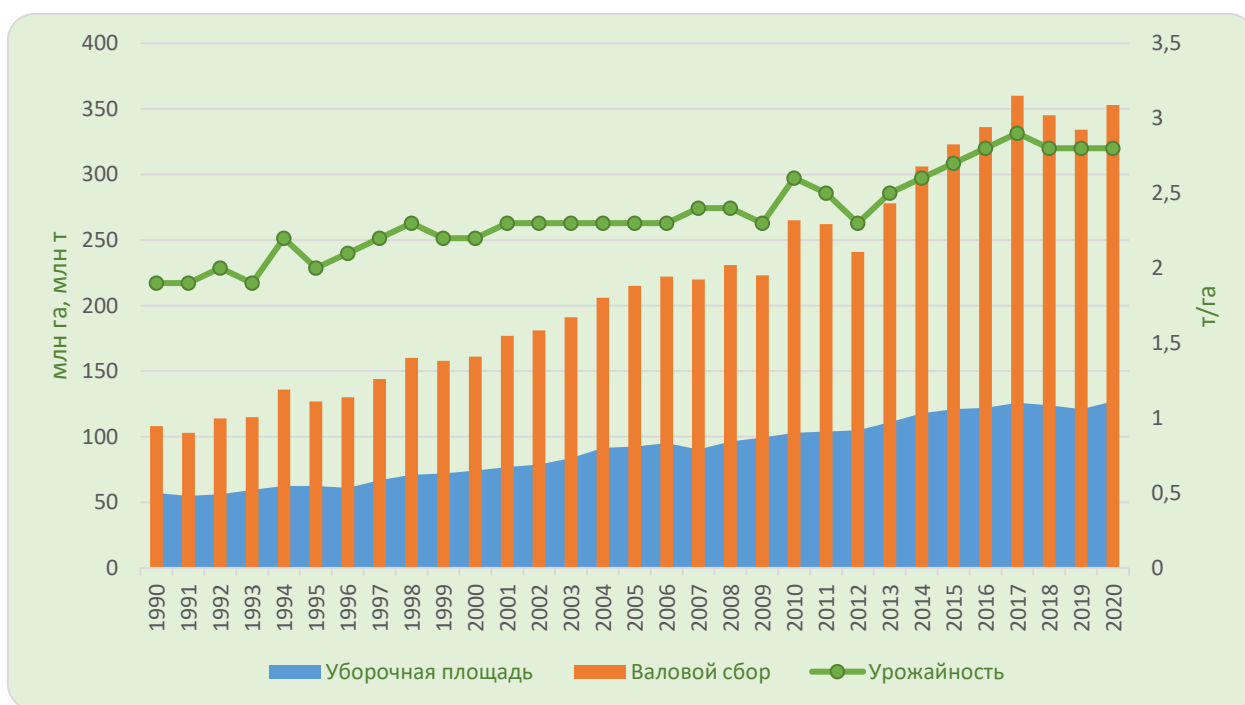


Рисунок 1 – Динамические показатели уборочной площади, валового сбора и урожайности сои в мире (FAOSTAT, 2021)

Если в 1990 г. было собрано 108 млн т с площади 57,2 млн га, то по последним данным FAOSTAT, в 2019 г. в мире произведено 334 млн тонн на площади 121 млн га. Средняя урожайность также возросла – с 1,9 т/га в 1990 г. до 2,8 т/га в 2019 г (FAOSTAT, 2021).

Наибольшие мировые площади соеяния сосредоточены в США (29 % от мирового объема), Бразилии (34 %) и Аргентине (16 %). Благодаря широкому распространению и высокой урожайности, на долю этих стран в мировом производстве сои приходится около 80 % (рисунок 2).

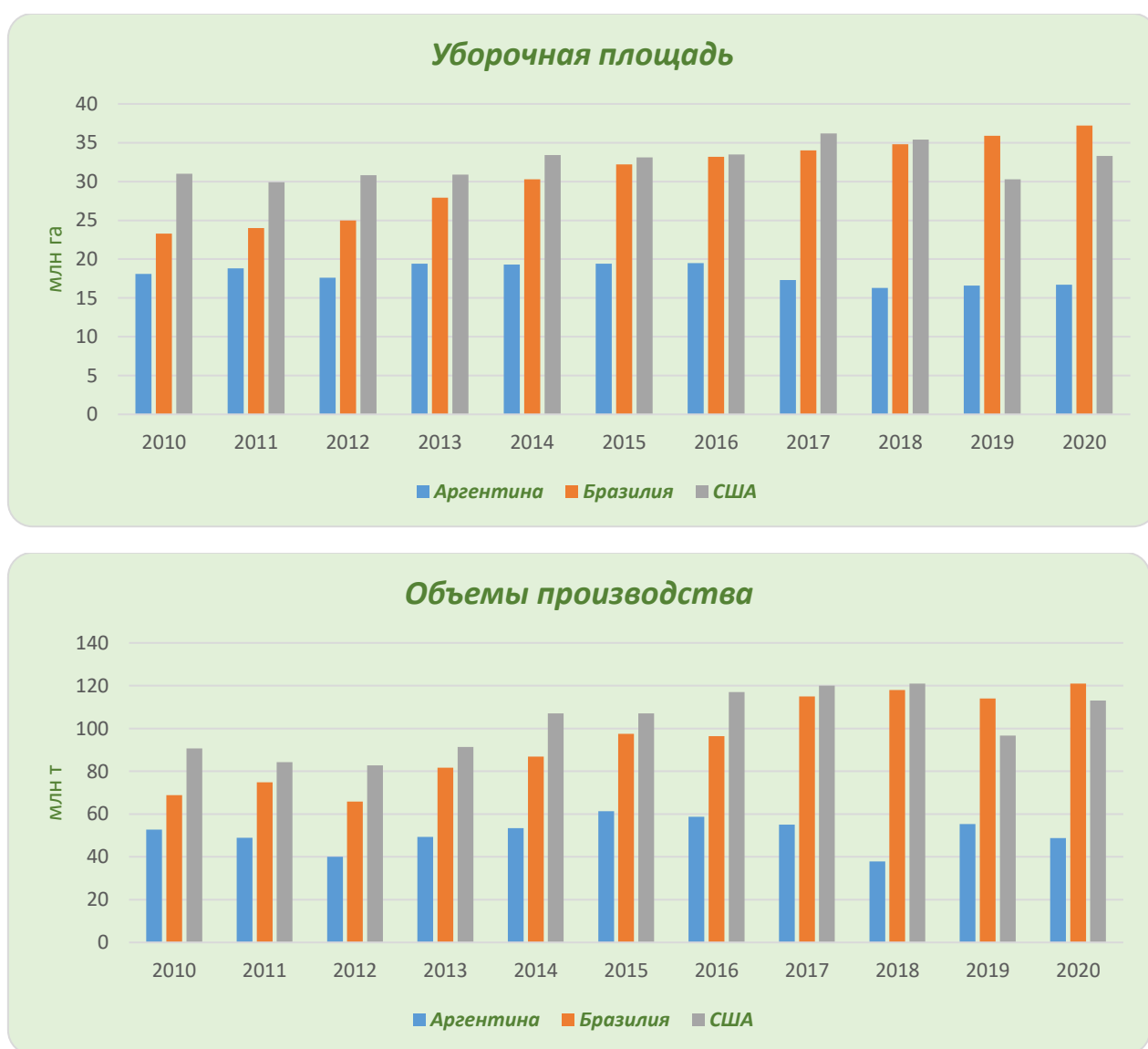


Рисунок 2 – Динамика уборочных площадей и объемов производства сои в основных производящих странах по данным FAOSTAT, 2021

Следует отметить, что в этих странах соя выращивается при максимально благоприятных для культуры агроклиматических условиях. Вегетационный период длительный, характеризуется большим запасом тепла и влаги. В последние годы применение No-till технологий возделывания позволяет снизить затраты на производство и повысить рентабельность производства культуры (Filho O.G., Vieira S.R., et al., 2010; Гайдученко А.Н., Толмачев М.В. и др., 2012).

Помимо благоприятных агроклиматических условий возделывания сои в странах – лидерах по производству сои в мире, на положительную динамику урожайности и сбор сои с единицы площади оказывает влияние выращивание ГМО-сои, устойчивой прежде всего к гербицидам сплошного действия. Наибольшая доля ГМО-сои в структуре посевных площадей у Аргентины (99 %), затем следуют США (93 %) и Бразилия (66 %). В Российской Федерации только 13 % посевных площадей заняты биотехнологической соей и в большинстве своем это экспериментальные посевы в рамках проводимых научных исследований (рисунок 3).

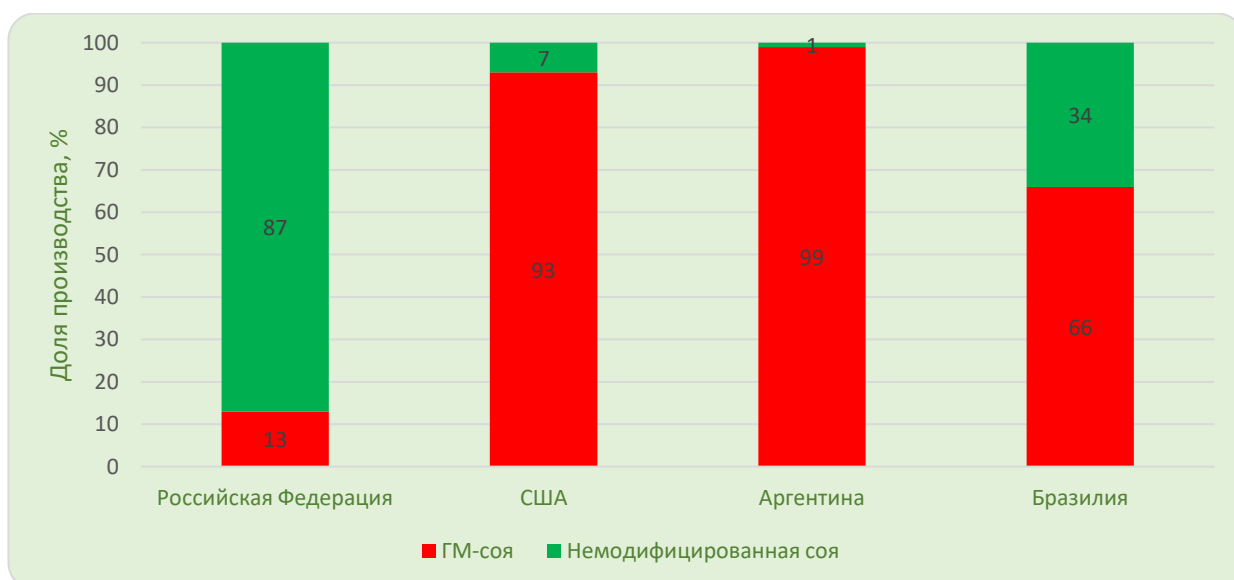


Рисунок 3 – Доля биотехнологических и немодифицированных сортов сои в структуре посевных площадей стран-лидеров и Российской Федерации

В структуре импорта сои и продуктов ее переработки лидирующие позиции занимают страны Европейского союза и Китай. В этих странах стремительно развивается отрасль животноводства, соответственно требуется обеспечение кормовой базой, сбалансированной по белковому компоненту (Zheng H.F., Chen L.D., et al., 2009; Бельшкіна М.Е., 2013; Дорохов А.С., Евдокимова О.В. и др., 2018; Гончаров В.Д., Рау В.В., 2019).

Согласно данным FAOSTAT, средняя урожайность сои в мире за 10 лет – с 2010 по 2020 гг. – составила 2,63 т/га, в США – 3,14 т/га, в Аргентине – 2,82 т/га и в Бразилии – 3,06 т/га. При этом в основных соепроизводящих странах урожайность сои в разные годы значительно варьировала. Так, в США урожайность сои варьировала от 2,69 т/га в 2012 г. до 3,49 т/га в 2016 г., в Аргентине – от 2,28 т/га в 2012 г. до 3,33 т/га в 2019 г., в Бразилии – от 2,64 т/га в 2012 г. до 3,39 т/га в 2019 г. (рисунок 4).

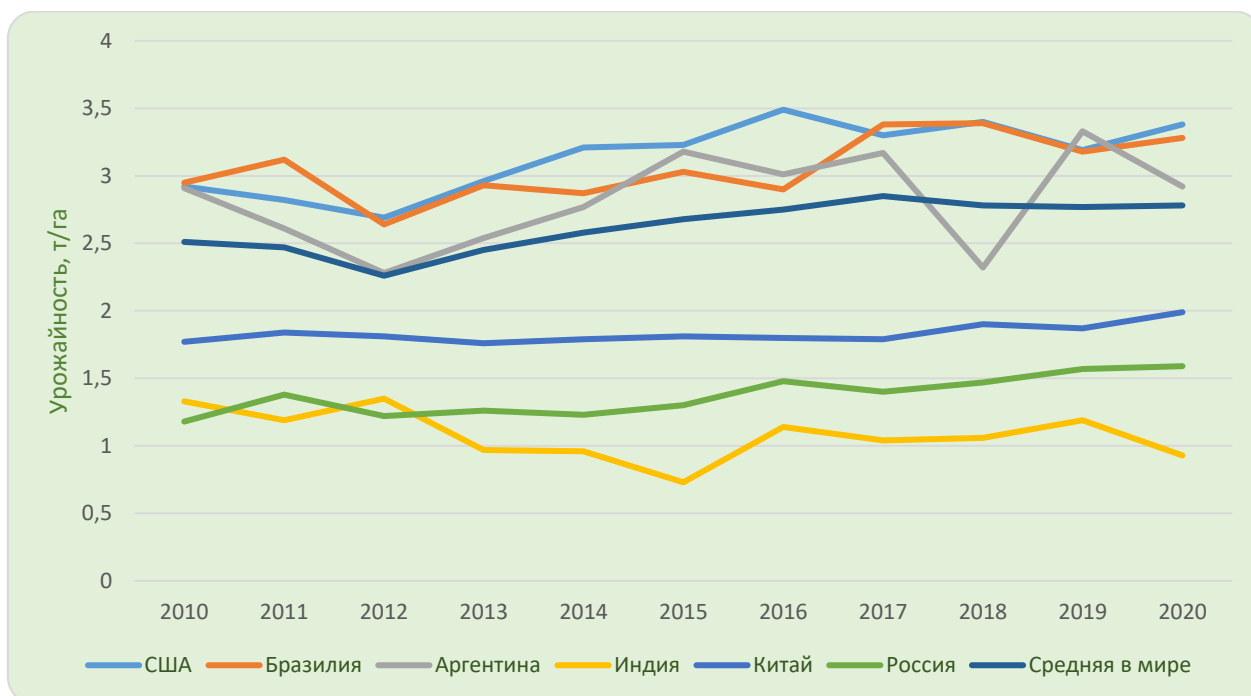


Рисунок 4 – Вариабельность урожайности сои в основных соепроизводящих странах по данным FAOSTAT, 2021

Урожайность сои имеет достаточно высокую вариабельность и значительно изменяется по годам в зависимости от климатических условий вегетационного периода. Вариабельность урожайности отмечается в том числе и в странах-производителях с высоким уровнем агротехники, что свидетельствует о существующей высокой степени взаимосвязи климат – агрофитоценоз сои и требует дальнейшего изучения с целью обеспечения возможности управления производственным процессом сои вне зависимости от агроклиматических условий (Penalba O.C., Bettolli M.L., et al., 2007; Кривошлыков К.М., Рощина Е.Ю. и др., 2016; Левкина О.В., Васильев В.В., 2017).

На урожайность сои, помимо климатических условий, оказывают значительное влияние такие факторы, как уровень технического и технологического оснащения хозяйств, применение высокопродуктивных сортов, современных средств защиты растений, удобрений, стимуляторов роста и т.д. (Specht J.E., Hume D.J., et al., 1999; Calvino P.A., Sadras V.O., et al., 2003; Iizumi T., Ramankutty N., 2016; Leng G., Zhang X., et al., 2016; Росстат, 2020).

1.3. Производство сои в Российской Федерации: текущее состояние и потенциал роста

Обеспечению роста посевных площадей на государственном уровне способствовало принятие Целевой отраслевой программы «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на период 2014–2020 гг.» (2014). Во многом благодаря этой Программе, а также принятию других мер государственной поддержки отрасли и развитию спроса на продукты переработки из сои, в последние десятилетия складывалась положительная конъюнктура рынка, которая отразилась в том числе в стабильно высоких мировых и российских закупочных ценах на сою и продукты ее переработки, стабилизации экономического состояния

отечественного сельскохозяйственного производства, успехах отечественной селекции и других факторах, способствовавших росту производства сои в нашей стране (Устюжанин А.П., 2010; Дебелый Г.А., 2016; Зайцев Н.И., Бочкарев Н.И. и др., 2016; Сельское хозяйство в России, 2019).

Благодаря достижениям современной селекции, получению высокотехнологичных сортов с ресурсом высокой потенциальной урожайности, а также внедрению современных технологий в растениеводстве с применением научного подхода по подбору сортов для конкретных географических поясов, решение данной задачи будет возможным в ближайшей перспективе (Баранов В.Ф., Кочегура А.В. и др., 2009; Лукомец В.М., Зеленцов С.В. и др., 2015; Кривошлыков К.М., Рощина Е.Ю. и др., 2016; Гончаров С.В., Рау В.В., 2019).

По данным Федеральной службы государственной статистики (FEDSTAT, 2021), в Российской Федерации по итогам 2020 г. в хозяйствах всех категорий на площади 2,9 млн га было произведено 4,5 млн т сои. За прошедшее десятилетие размеры посевных площадей под соей возросли в 3 раза, валовой сбор – в 3,8 раза (Бельшкіна М.Е., Гуреева Е.В., 2020). При этом, средняя урожайность сои в нашей стране остается на невысоком уровне. Если в 2010 г. она была порядка 1,18 т/га, то в 2020 г. – 1,75 т/га, то есть прирост урожайности с 2010 г. составил 0,57 т/га (рисунок 5). Перед агропромышленным комплексом стоит задача в повышении сбора урожая сои с гектара, доведение средних значений до 2,5 т/га и выше.

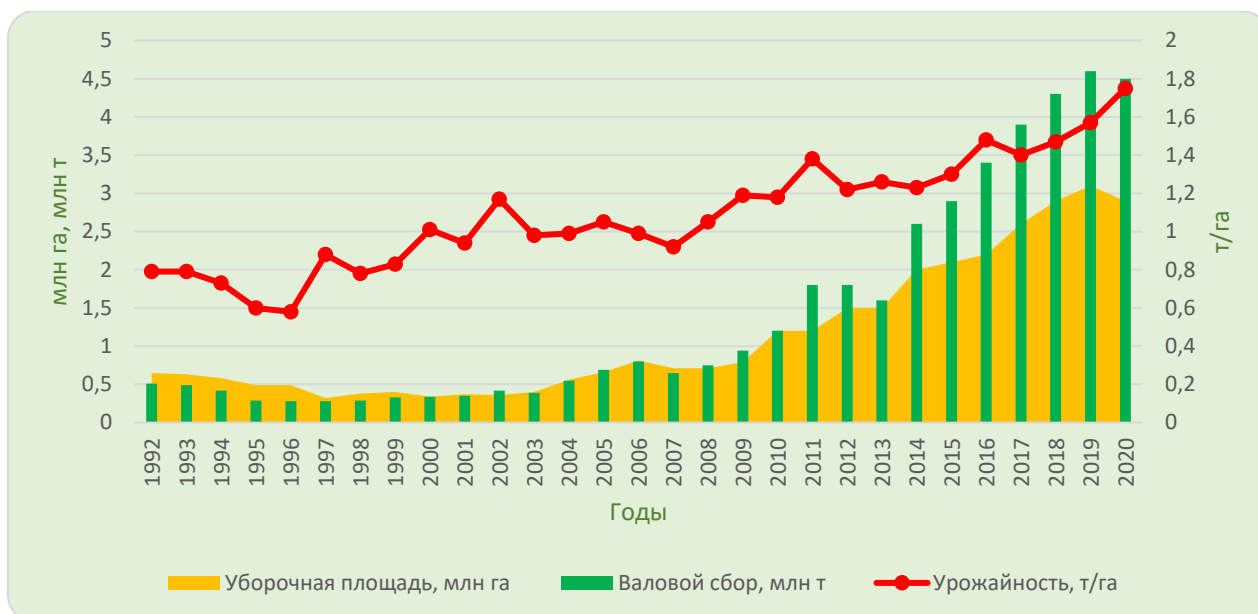


Рисунок 5 – Динамические показатели уборочной площади, валового сбора и урожайности сои в Российской Федерации по данным FAOSTAT, 2021 и FEDSTAT, 2021

По данным Росстата (2020), тенденция прироста валового производства сои в России сохраняется за счет расширения посевных площадей под этой культурой в основных регионах выращивания: Дальневосточном (44 %), Центральном (36 %), Южном (8 %) и Сибирском (7 %) (Бельшкينا М.Е., 2019; Зубарева, 2020). Прирост обеспечивается за счет расширения посевных площадей и постепенного увеличения урожайности сои (рисунок 6).

Таким образом, сейчас в России сложились два основных соевых кластера: новый в Центральном регионе и традиционный на Дальнем Востоке. При этом основная часть сои, выращенной в Центральной России, перерабатывается предприятиями, расположенными на территории региона. Дальневосточный федеральный округ в значительной степени ориентирован на экспорт сои в Китай (Расулова В.А., Мельник А.Ф., 2020).

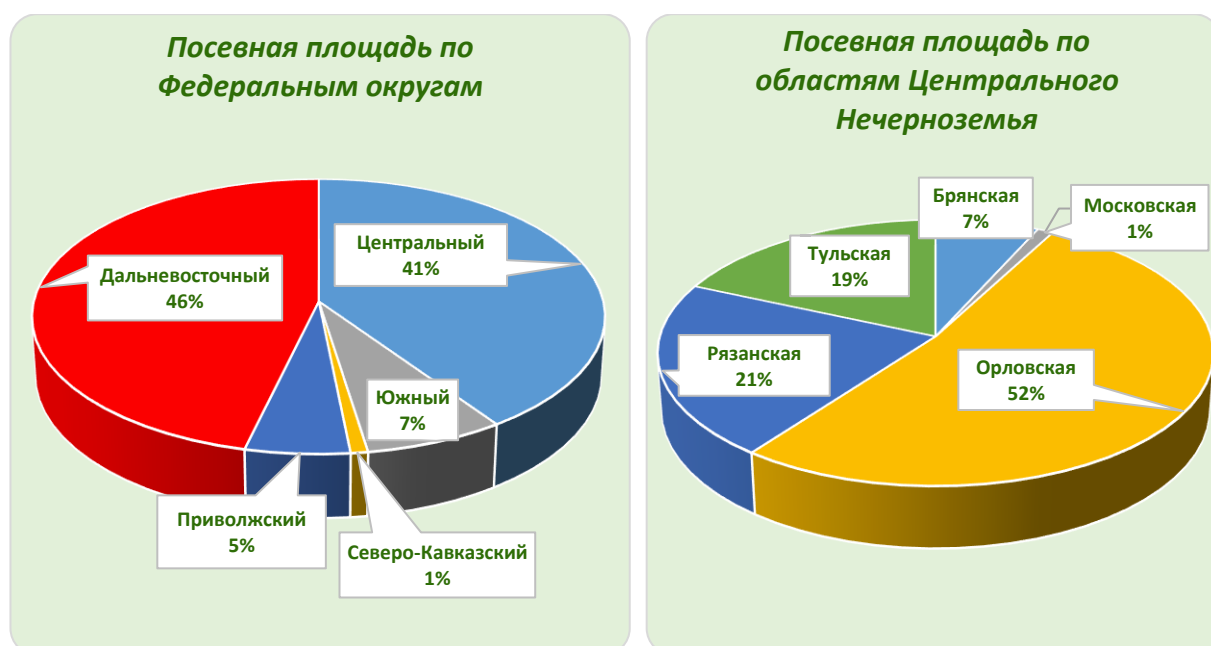


Рисунок 6 – Структура посевной площади сои в 2020 г. по Федеральным округам и в регионах Центрального района Нечерноземной зоны по данным FEDSTAT, 2021

Вариабельность урожайности сои в нашей стране по Федеральным округам в разные годы достигала в среднем 0,64 т/га или 36 % (рисунок 7).

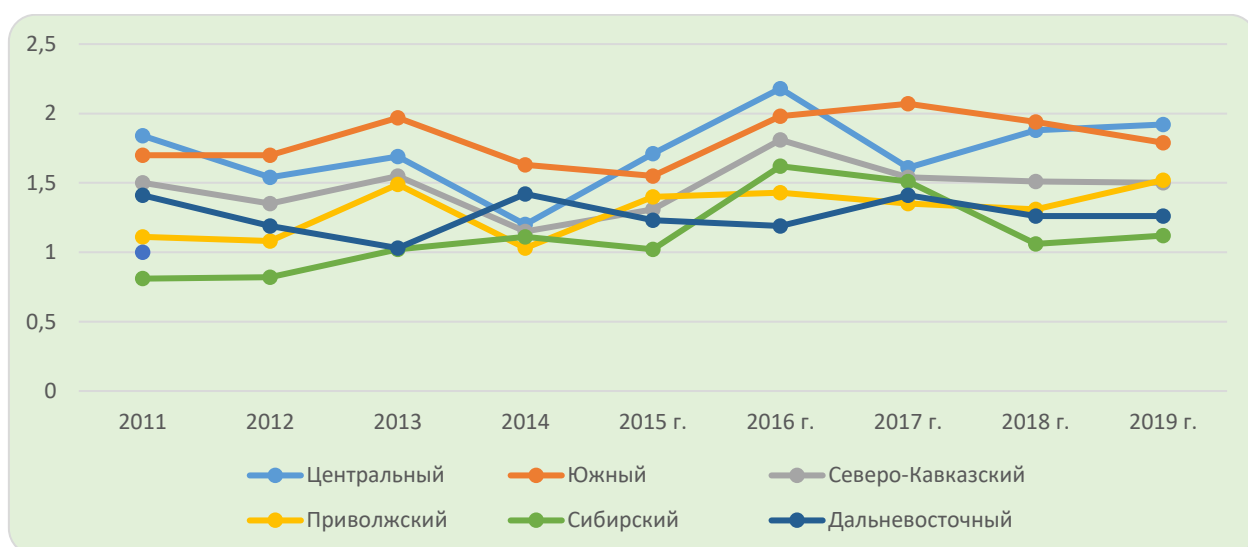


Рисунок 7 – Динамика урожайности сои в Российской Федерации по Федеральным округам по данным FEDSTAT, 2021

По Центральному Федеральному округу вариabельность урожайности составляет 0,98 т/га или 45 %, по Южному – 0,52 т/га или 25 %, по Северо-Кавказскому – 0,66 т/га или 36 %, по Приволжскому – 0,49 т/га или 32 %, по Сибирскому – 0,81 т/га или 50 % и по Дальневосточному – 0,38 т/га или 27 %.

В Центральном федеральном округе сою выращивают в основном в Курской (25 %) и Белгородской (24 %) областях, за ними следуют Воронежская (13 %), Тамбовская (12 %) и Орловская (11 %) области. В Дальневосточном округе большая часть посевных соевых площадей приходится на Амурскую область (64 %) и Приморский край (23 %), в Южном – около 90 % полей под соей находятся в Краснодарском крае (рисунок 8).

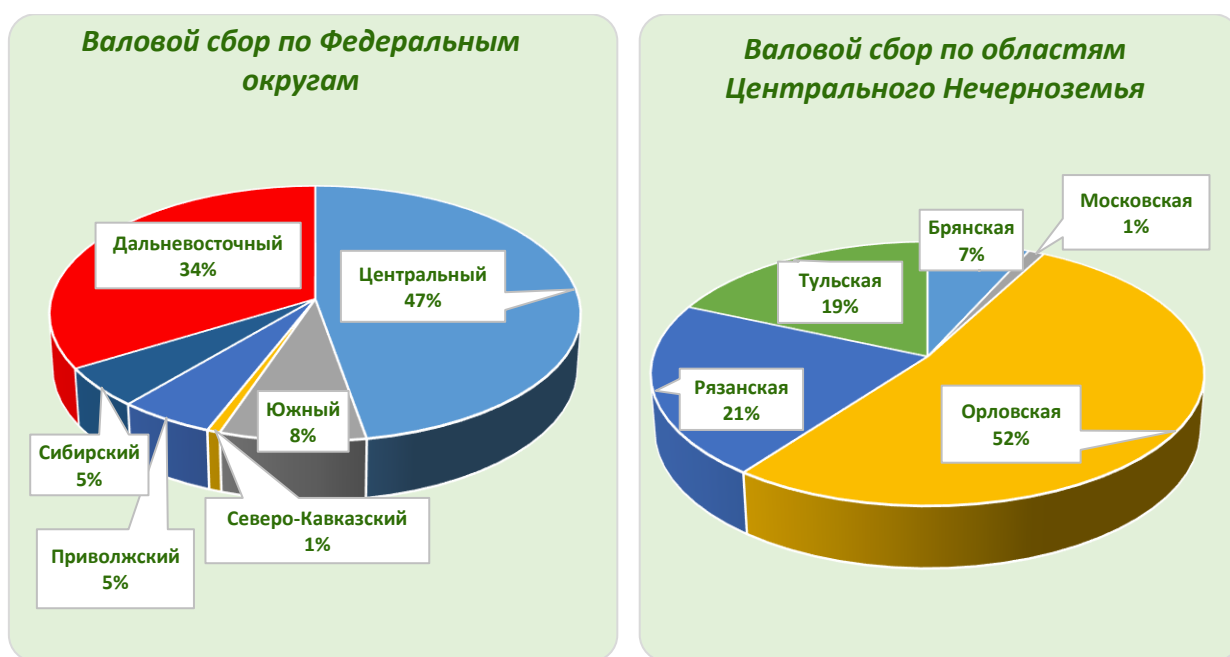


Рисунок 8 – Структура валового сбора сои в 2020 г. по Федеральным округам и в регионах Центрального района Нечерноземной зоны по данным FEDSTAT, 2021

В Центральном и Центрально-Черноземном регионах возможно возделывание более раннеспелых сортов сои, чем в Южном. Такие сорта

характеризуются, как правило, ограниченным ростом и как следствие – происходит снижение потенциальной урожайности. 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 типа развития (Зотиков В.И., 2014; Васильчиков А.Г., Акулов А.С., 2018).

В среднем за 2015–2020 гг. более половины (52,2 %) посевных площадей сои в Российской Федерации были сосредоточены в Дальневосточном Федеральном округе, затем следуют Центральный (30,3 %) и Южный (8,1 %) (рисунок 9).

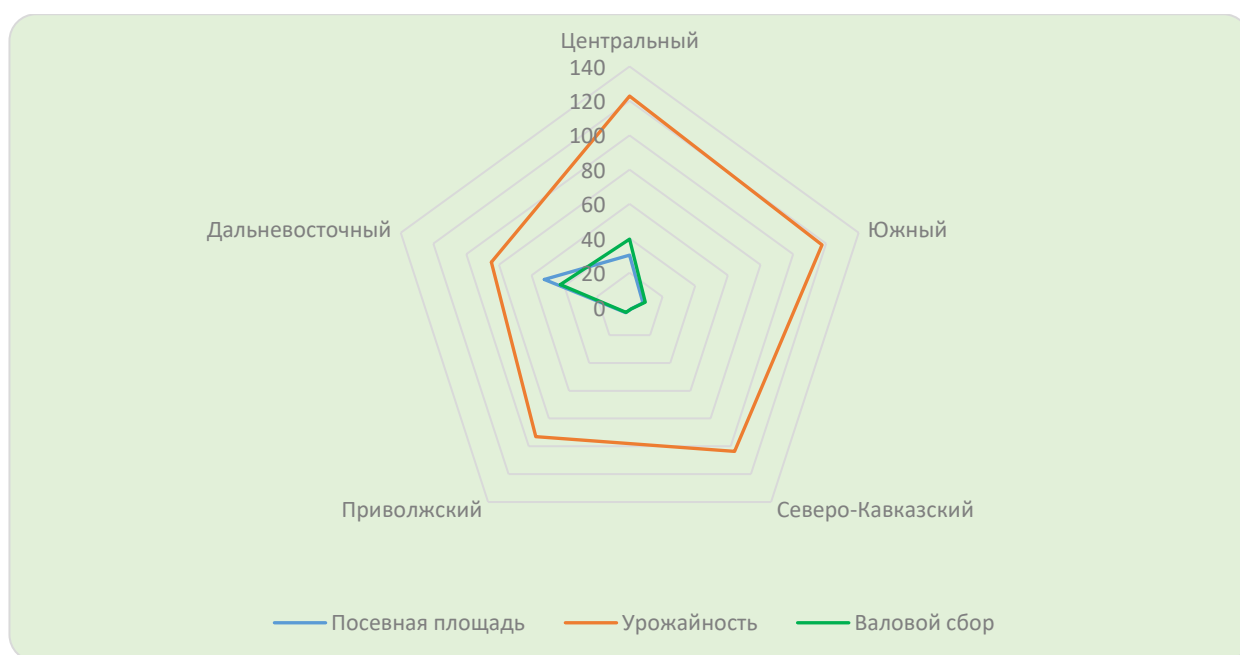


Рисунок 9 – Отношение посевной площади, урожайности и валового сбора сои по Федеральным округам к среднему показателю в Российской Федерации (в среднем за 2015–2020 гг., %) по данным FEDSTAT, 2021

Урожайность сои за этот период превышала средний показатель в Российской Федерации в Центральном Федеральном округе на 22,8 %, в

Южном – на 17,6 % и в Северо-Кавказском – на 3,6 %. В Приволжском и Дальневосточном Федеральных округах урожайность сои была ниже средней на 7,1 % и 15,4 % соответственно.

По валовому сбору за счет наибольших в России посевных площадей, хотя и при более низкой, чем в среднем по стране урожайности, лидирует Дальневосточный Федеральный округ (42,4 %), затем следует Центральный (39,6 %) и замыкает тройку Федеральных округов – лидеров по валовому сбору сои в нашей стране Южный Федеральный округ (9,5 %).

Российская соя высоко ценится, так как выращивается из семян, которые не модифицированы генетически, в отличие от ведущих стран – производителей сои в мире. Преимуществом использования ГМО-сои является ее устойчивость к гербицидам сплошного действия, так называемая Roundup Ready соя благодаря отсутствию конкуренции с сорняками, особенно на ранних стадиях развития, и в совокупности с благоприятными агроклиматическими факторами в ведущих регионах возделывания сои, получает неоспоримое преимущество в формировании высокой биологической урожайности.

Ввиду вышеизложенного, можно сделать вывод, что российская соя обладает неоспоримым конкурентным преимуществом благодаря экологичности и потенциалом для дальнейшего роста посевных площадей. Однако объемы производства в настоящее время все еще недостаточны, чтобы полностью покрыть спрос на внутреннем рынке и полноценно выйти на мировой (Зотиков В.И., 2013; Долгинова В.А., Рыбальский Н.Н., 2016; Скрипко О.В., Литвиненко О.В. и др., 2016). Одним из путей решения проблемы является создание Дальневосточного соевого кластера, в задачи которого будет входить выращивание высокобелковой сои, снабжение сырьем российских перерабатывающих предприятий, а также экспорт продукции ее переработки (Малашонок А.А., Пашина Л.Л., 2016; Свищева М.И., Карпунин Н.А., 2019; Дагаргулия Р.Г., 2020; Синеговский М.О., Кузьмин А.А., 2020). Еще одним из направлений является ускоренная

селекция и семеноводство новых высокобелковых сортов сои, государственная поддержка отрасли (Федотов В.А., Гончаров С.В. и др., 2013; Синеговский М.О., Антонова Н.Е., 2018).

В ведущих регионах возделывания сои – Центральном, Южном и Дальневосточном – естественная продуктивность пашни позволяет получать урожайность семян сои от 1,3 до 2,2 т/га, а в наиболее благоприятные годы до 3,0 и более т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Агроклиматический потенциал ведущих зон возделывания сои

Ведущие регионы возделывания сои	Климатический индекс биологической продуктивности	Сумма активных температур, °С	Коэффициент увлажнения территории	Естественная продуктивность территорий в переводе на зерно, т/га
Центральный	88–128	1600–2400	0,99–1,33	2,11–3,07
Южный	92–126	2400–3300	0,44–0,81	2,21–3,02
Дальневосточный	55–12	1000–2200	0,39–1,33	1,32–2,69

Потребность российской промышленности в соевом белке на пищевые цели и для обеспечения кормовой базы животноводства ежегодно возрастает. С 2011 по 2021 гг. рост составил почти 6 млн т, при этом большая часть приходится на кормопроизводство и прежде всего – на получение шрота. Основным потребителем соевого шрота является развивающаяся отрасль отечественного животноводства, прежде всего – современные производства

мяса птицы и свинины, которые активно используют шроты в рецептуре комбикормов. С 2011 по 2021 гг. потребление шротов выросло в 2 раза – с 3,6 до 7,4 млн т в год (рисунок 10). В дальнейшем основными направлениями спроса будут выступать производство продукции животноводства и экспорт шротов.

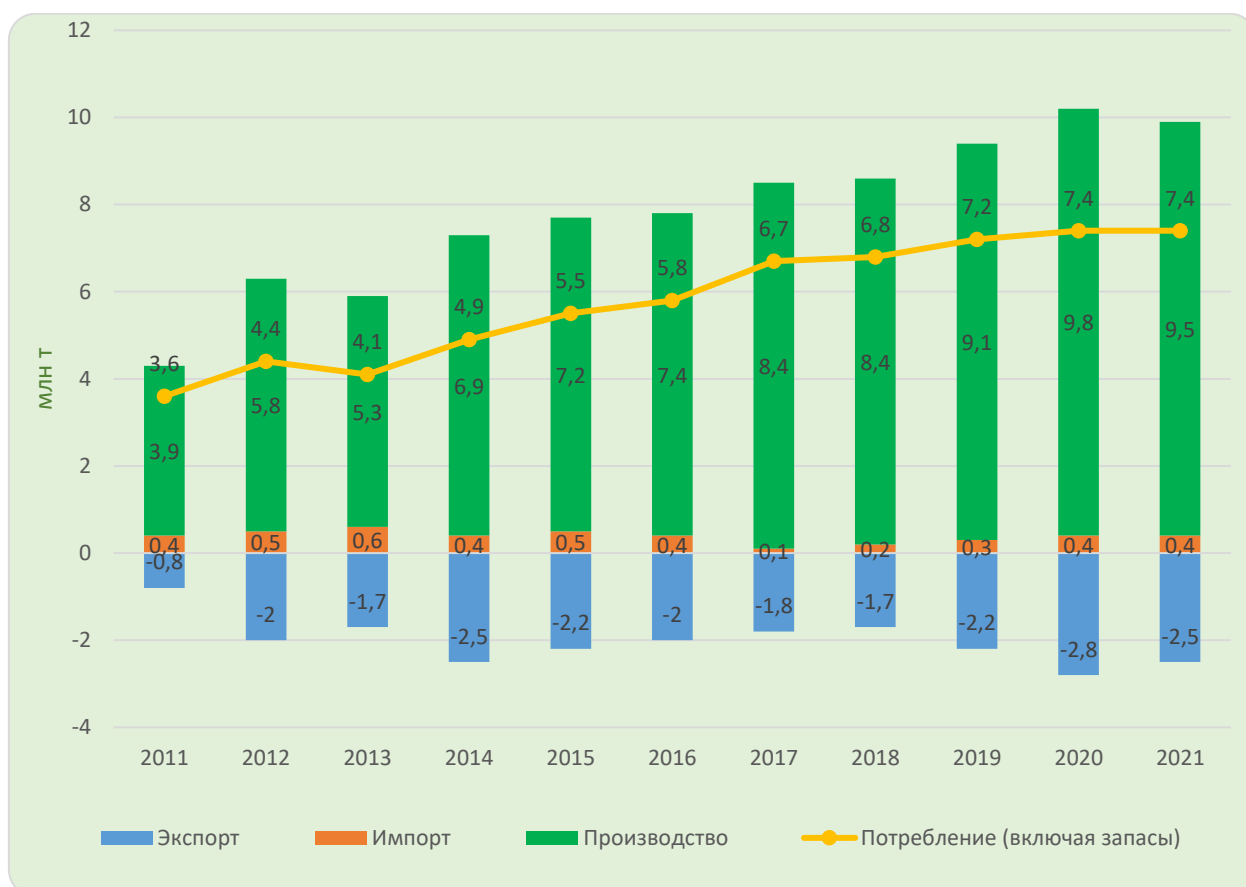


Рисунок 10 – Объемы производства и потребления сои в Российской Федерации в 2011–2021 гг.

Увеличению производства сои в нашей стране способствовало принятие Программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации. Основополагающей стратегической задачей Программы было создание условий для развития производства сои в Российской Федерации,

преодоления внутреннего дефицита пищевого белка для нужд животноводства, птицеводства и пищевой соевой промышленности, а также расширение его экспорта.

Специфика внутрисоссийского рынка сои заключается с существенной географической удаленности основных районов производства этой культуры от регионов ее переработки и потребления. В результате на Дальнем востоке растет экспортная составляющая в структуре производства – соя экспортируется в Китай. При этом потребность в переработке сои на кормовые цели стабильно возрастает с каждым годом (Головина Е.В., Зайцев В.Н., 2016).

Как было сказано выше, главным регионом концентрации производства сои в нашей стране продолжает оставаться Дальний Восток, где сосредоточено 70 % ее посевов, и примерно по 15 % в Центральном и Южном федеральных округах Российской Федерации. Основным потребителем дальневосточной сои является Китай, до 98 % выращиваемых соевых бобов поставляется в эту страну. В то же время, на Европейской территории Российской Федерации сосредоточены основные производственные мощности, для существования которых требуется обеспечение сырьем.

В качестве меры поддержки, Правительство РФ в ближайшие годы планирует субсидировать затраты на перевозку сои и соевого шрота из регионов ДФО, занимающихся производством сои в ЦФО, а также на поставку сельхозтехники и минеральных удобрений в обратном направлении. Однако такие меры не смогут в полной мере решить проблему территориального разрыва.

Еще одной проблемой является то, что на сегодняшний день производство сои рассредоточено по многочисленным хозяйствам. В таких условиях невозможно контролировать севооборот, используемый посевной материал, применение агротехнических приемов, что в итоге приводит к снижению урожайности и качества зерна. Разрозненность между зонами

выращивания и переработки сои приводит к значительным расходам сельхозтоваропроизводителей при транспортировке.

В последние годы, благодаря созданию новых высокотехнологичных сортов, адаптированных для возделывания в условиях Европейской территории России, стало возможным создать соевый кластер полного цикла на территории ЦФО, который будет включать предприятия по производству сои, традиционной и глубокой переработке, а также налаженные логистические цепочки по транспортировке конечной продукции (рисунок 11).



Рисунок 11 – Структура соевого кластера

В настоящее время в нашей стране слабо развита первичная (шрот, жмых, масло) и глубокая (соевый текстурат и изолят) переработка сои. Таким образом, возникла потребность в создании соевого кластера в Центральном Федеральном округе, который должен будет включать в себя предприятия

глубокой переработки сырья, которые в перспективе должны постепенно заместить зарубежные поставки соевого белка в страну и обеспечить экспорт.

Схема реализации соевого кластера будет включать (рисунок 12): сектор науки и инноваций (научно-исследовательские центры); сектор производства высококачественных семян (селекционно-семеноводческие хозяйства, семеноводческие заводы); сектор высокотехнологичного сельскохозяйственного производства (агропредприятия); сектор развития кормовой базы (комбикормовый завод) и сектор пищевой промышленности (завод глубокой переработки сои) (Дорохов А.С., Бельштина М.Е., 2020).



Рисунок 12 – Схема реализации соевого кластера

Проект создания соевого кластера в ЦФО будет являться в том числе и инфраструктурным, он позволит получить синергетический эффект для развития сельских территорий, аграрного производства и экономики региона.

Для успешной реализации проекта необходимо применить финансовые инструменты государственной поддержки аграриев, желающих выращивать сою. Такими инструментами могут стать – субсидирование процентной ставки по кредитам, предоставление сельскохозяйственной техники в лизинг, выстраивание логистики.

Объемы существующего производства сои в нашей стране не могут полностью закрыть нужды перерабатывающей промышленности. Ежегодно в нашу страну завозится порядка 2,3 млн т сои, предназначенной для переработки, к 2024 г. валовой сбор сои возрастет до 7,3 млн. т (Линников П.И., 2018; Дорохов А.С., Бельшкіна М.Е. и др., 2019; Юркова Р.Е., Докучаева Л.М., 2019; Бельшкіна М.Е., Кобозева Т.П. и др., 2020).

Широкому распространению посевов сои на территории Европейской части России препятствует нестабильная по годам и относительно низкая урожайность (Синеговская В.Т., 2016; Линников П.И., 2018; Синеговская В.Т., Асеева Т.А., 2018). Однако отказываться от возделывания сои в регионе нельзя, так как этот рынок динамичен и становится одним из наиболее перспективных направлений в отечественном растениеводстве.

Добиться высокого и качественного урожая можно только при выращивании правильно подобранных сортов (Полушкин П.В., Зубков В.В., 2019). Так, благодаря созданию сортов северного экотипа, соя достаточно успешно произрастает в условиях Центрального района Нечерноземной зоны. Этим сортам достаточно суммы активных температур в диапазоне 1750–1900°С, они содержат белка в семенах – до 48 %, жира – до 18 % (Кобозева Т.П., 1996; Посыпанов Г.С., Гуреева Е.В. и др., 2006; Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П. и др., 2006; Гуреева Е.В., 2018).

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 % (Гуреева Е.В., 2007; Посыпанов Г.С., 2007; Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П. и др., 2007; Кочегура А.В., Трунова М.В., 2010; Делаев У.А., Кобозев И.П. и др., 2013;

Гаврилин Д.С., Полевщиков С.И., 2014; Бельшкіна М.Е., 2019). В связи с этим, современная селекция сои в России, помимо обязательной селекции на урожай, должна быть направлена на повышение климатической адаптивности к основным зонам возделывания культуры, в том числе – за счет сокращения вегетационного периода и повышения засухоустойчивости (Кобозева Т.П., 2007; Гуреева Е.В., Фомина Т.А., 2010; Лукомец В.М., Бочкарев Н.И., 2012; Лукомец В.М., Зеленцов С.В. и др., 2015; Зотиков В.И., 2020; Мезенцева Ю.О., 2020).

В последние годы наблюдается изменение климатических условий в регионе в сторону его аридизации на фоне повышенных температур. С целью адаптации к складывающимся изменениям климата, предъявляются повышенные требования к продуктивности современных сортов сои в засушливых условиях среды (Баранов В.Ф., Баранова Л.А., 2011; Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., 2012; Ray D.K., Gerber J.S., et al., 2015; Sita K., Sehgal A., et al., 2017).

В апреле 2021 г., в ежегодном Послании к Федеральному собранию, Президент Российской Федерации одним из ключевых геополитических вызовов обозначил изменение климата, подчеркнув, что необходимо ответить на эти вызовы и адаптировать к ним сферы экономики и прежде всего – сельское хозяйство.

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.

Изменения в климате приведут в последствии к увеличению площадей сельскохозяйственных земель за счет смещения природно-климатических зон в северном направлении, в частности – в центральные и северные районы Нечерноземной зоны, эти процессы повлекут за собой рост продолжительности вегетационного периода и теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в северных областях.

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.

Н.И. Вавилов называл сою важнейшим эндемом умеренной зоны Китайского очага Восточноазиатского центра происхождения культурных растений: «...соя стала важнейшим техническим растением последних десятилетий. Под влиянием европейского и американского спроса огромные площади заняты соей...». Благодаря уникальной пластичности культуры, ее интродукция в новые регионы являлась наиболее очевидным направлением в решении проблемы производства растительного белка в нашей стране.

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. В селекционных научных учреждениях в большинстве своем традиционными методами, а также внедряемыми в последние годы методами ускоренной селекции получают новые сорта, относящиеся к так называемому «северному экотипу» сои.

Северный экотип растений сои характеризуется чаще всего детерминантным типом роста растений с ограниченным ветвлением или вовсе без боковых побегов. Также сорта обладают исключительной скороспелостью, при которой линейный рост заканчивается с наступлением фазы цветения и начинается процесс созревания семян.

У сортов сои северного экотипа имеются очевидные недостатки, которые обусловлены их конкурентными преимуществами по скороспелости

и ограниченности ветвления. К недостаткам можно отнести прежде всего более низкую продуктивность, обусловленную уменьшением высоты растений и отсутствием или слабым развитием боковых побегов, а также уменьшение высоты прикрепления нижнего боба, что приводит к возможным потерям при уборке.

Сорта индетерминантного типа роста способны формировать более высокую урожайность, а при неблагоприятных климатических условиях вегетационного периода, за счет формирования боковых побегов, компенсировать изреженность посева, вызванную образованием почвенной корки, возвратом холодов, засухой и т.д. Растения этих сортов как правило более высокорослые, благодаря чему и крепление нижнего боба выше, что обеспечивает их более высокую технологичность.

Произошедшие климатические изменения будут в дальнейшем способствовать расширению ассортимента раннеспелых сортов сои, в том числе и индетерминантного типа роста, для возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны, обеспечивающих максимальное использование агроклиматического потенциала региона, обусловленного локальным изменением климата.

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.

Так, Московский регион оказался в поясе с суммой активных температур от 2200 до 2800°C за вегетационный период, в то время как еще несколько десятилетий назад максимальная сумма активных температур в регионе достигала только 2200°C. При этом, регион остался в зоне достаточного увлажнения с вероятностью засушливых периодов не более 25 %. Значительно продвинулся на север агроклиматический пояс с суммой активных температур за вегетацию на уровне 2800–3400°C. В этой зоне оказались южные регионы Центрального Нечерноземья, вероятность засух

здесь может достигать уже 50 %, то есть каждый второй вегетационный период.

Прослеживается стабильная динамика роста сумм активных температур за вегетацию, так как климат средней полосы смягчается, средние температуры воздуха по месяцам возрастают. Так, на 2–3°C выросли средние температуры начала и завершения вегетационного периода. При возделывании сои, быстрое равномерное появление всходов способствует реализации наибольшей продуктивности сорта за вегетационный период, а дружное созревание позволит провести уборку в агротехнические сроки и не приведет к потере урожая.

Несколько десятилетий назад в условиях Центрального Нечерноземья, в частности – Московской и Рязанской областей, где расположена научная база ФНАЦ ВИМ, сумма активных температур за вегетацию в 90 % лет не превышала 2100°C и к возделыванию рекомендовались ультраскороспелые сорта сои, накапливающие 1800–2000°C. В настоящее время, сумма активных температур в этих регионах увеличилась в среднем до 2300°C, достигая в некоторые годы 2800°C.

Если в 1981 г. сумма активных температур в обоих регионах была на уровне 1800°C, то к 2021 г. наблюдается тенденция к росту и значительное расхождение между регионами. Так, в Рязанской области сумма активных температур сформировалась на уровне 2450°C, в Московской тоже возросла, но менее значительно – до 2200°C. Тренд к дальнейшему росту средней температуры и соответственно суммы активных температур сохраняется.

На базе Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФНАЦ ВИМ реализуются мероприятия по дальнейшей интродукции раннеспелых сортов сои в Центрально-Нечерноземную зону. К ним относятся:

- селекция новых высокопродуктивных сортов сои северного экотипа с высоким потенциалом урожайности и качества семян;
- проведение агроэкологических испытаний раннеспелых сортов сои разных экологических типов в условиях Центрального района

Нечерноземной зоны, изучение особенностей продукционного процесса и обоснование возможности и целесообразности их интродукции в регионе;

- разработка агротехнических приемов по оптимизации созревания сои в новых климатических условиях и более эффективного использования агроклиматического потенциала зоны;

- изучение вариабельности урожайности и биохимического состава семян раннеспелых сортов сои в зависимости от сортогруппы и метеорологических условий вегетационного периода.

1.4. Биологические особенности сои и оптимальные агроклиматические условия для осуществления продукционного процесса

В соответствии с классификацией, разработанной В.Б. Енкеным (1959), основанной на принципах, предложенных Н.И. Вавиловым (1966, 1987), культурная соя включает 6 подвидов:

1. Полукультурный (*spp. gracilis* Enk.) – встречается на территории Северо-Восточного Китая, среднеспелый, семена очень мелкие (масса 1000 семян от 40 до 70 г), возделывается на корм и удобрения;

2. Индийский (*spp. indica* Enk.) – распространен в Индии, позднеспелый, масса 1000 семян от 45 до 100 г, ареал возделывания достигает тропиков;

3. Китайский (*spp. chinensis* Enk.) – распространен в Китае, Индокитае, реже – в Японии, Корее, Индии, на Дальнем Востоке России, в США, позднеспелый с повышенной ветвистостью, тонкостебельный, масса 1000 семян от 60 до 140 г.

4. Маньчжурский (*spp. manshurica* Enk.) – встречается в Китае, Японии, Корее, на Дальнем Востоке, в Сибири и на Европейской части территории России, Украине, США, Канаде, на Балканах, среднеспелые и скороспелые формы (80–140 дней), масса 1000 семян от 140 до 190 г;

5. Корейский (*ssp. korajensis* Enk.) – распространен в Корее, Японии, Китае, Индии, Западной Грузии, сформирован в результате многовековой народной селекции в оптимальных климатических условиях, позднеспелый (140–180 дней), с плотным стеблем, многоцветковостью и крупными семенами;

6. Славянский (*ssp. slavonica* Kov. et Pinz) – распространен в России, Молдове, Украине, Румынии, Венгрии, Болгарии, Югославии, на Северном Кавказе, скороспелый, низкорослый, мелкосемянный, масса 1000 семян от 100 до 130 г, отражает эволюцию форм, пришедших из Азии в Европу.

Российские сорта принадлежат в основном к маньчжурскому и славянскому подвидам, которым достаточно для созревания суммы активных температур на уровне 1800–2100°C (Посыпанов Г.С., 2007; Головина Е.В., Зотиков В.И., 2013).

Культурная соя (*Glycine max* (L.) Merr.) – травянистое, однолетнее растение со стрежневым главным корнем и большим количеством боковых корней, на корнях образуются клубеньки. Соя обладает способностью усваивать атмосферный азот за счет симбиотической деятельности клубеньковых бактерий рода *Rhizobium* (Дебелый, 2009; Соколова С.С., Гатаулина Г.Г., 2011).

Соя – самоопыляющееся растение, цветение достаточно продолжительное, происходит снизу – вверх по растению. Стебель неполегающий, что способствует облегчению механизированного ухода за посевами. Лист сложный, форма – тройчатая. Так как растения выносят семядоли на поверхность почвы, глубина их посева должна быть не более 3–4 см. Плоды – бобы, созревание которых, как и цветение, неравномерное. Вначале созревают нижние бобы, которые у сои могут растрескиваться, из-за чего возможны потери при уборке (Narvel Ja.M., Fehr W.R., 2000; Гатаулина Г.Г., Никитина, 2016; Novikova L.Y., Kozlov K.N., et al., 2018).

Прорастанию семян предшествует набухание. Для набухания семян требуется 110–120 % воды от их массы. Первым трогается в рост корешок,

разрывающий оболочку семени. Затем трогается в рост стебелек. У сои надземное развитие проростка, рост стебелька происходит за счет его подсемядольного колена – гипокотилия, а семядоли при прорастании выносятся на поверхность почвы, увеличиваются в размерах и зеленеют. Рост стебелька происходит за счет надсемядольного колена – эпикотилия. Первые листья у всходов – настоящие, но с меньшим числом листочков. Продолжительность набухания и прорастания зависит от температуры и в полевых условиях составляет 5–14 дней (Куперман Ф.М., Ржанова Е.И. и др., 1982; Головина Е.В., Зотиков В.И., 2019).

В процессе прорастания белки гидролизуются в пептиды и аминокислоты. Образовавшиеся аминокислоты превращаются затем в амиды, которые представляют собой транспортную форму азота для перемещения к растущим частям. После появления всходов начинается вегетативный период роста побегов, листьев и корней (Jiang H., Egli D.B., 1995; Carpenter A.C., Board J.E., 1997; Narvel Ja.M., Fehr W.R., et al., 1998; Narvel Ja.M., Chu W.Ch., et al., 2000; De Bruin J.L., Pedersen P., 2009; Головина Е.В., 2019).

Сорта сои делятся на детерминантные (ограниченный рост, короткостебельные), индетерминантные (при благоприятных условиях, главный стебель способен нарастать весь период вегетации) и промежуточные формы – полудетерминантные (Beaver J.S., Johnson R.R., 1981; Beaver J.S., Cooper R.J. et al., 1985; Гатаулина Г.Г., 2005).

У индетерминантных форм сои период от раскрытия нижнего цветка до формирования верхнего боба может длиться более месяца. Генеративные органы на разных ярусах растения находятся в разных фазах развития. Продолжающийся вегетативный рост одновременно с формированием генеративных органов приводит к конкурентным отношениям между этими органами при распределении ассимилятов. У детерминантных форм сои, к которым относятся сорта северного экотипа, этот период происходит быстрее (Nagel L., Brewster R., et al., 2001; Kahlon C.S., Board J.E., et al., 2011).

На производственный процесс и формирование урожая сои оказывают непосредственное влияние индекс листовой поверхности, чистая продуктивность фотосинтеза, скорость нарастания сухой биомассы в определенный период и другие показатели фотосинтетической деятельности (Egli D.B., Yu Y., 1991; Board J.E., Modali H., 2005).

Отдельно стоит выделить показатель CGR (Crop growth rate – среднесуточные приросты биомассы), значение которого к фазе R5 (начало налива семян) является достаточно достоверным прогностическим показателем, так как биомасса, в частности – число плодов – сформировавшееся к этой фазе прямо коррелирует с показателем урожайности семян (Gay S., Egly D.B., et al., 1980; Egli D.B., Guffy R.D., et al., 1985; Wells R., 1993; Jiang B., Egli D.B., 1995; Mourtzinis S., Rowntree S.C., et al., 2014).

Изучением влияния лимитирующих погодных факторов на производственный процесс сои занимаются и американские исследователи, ими достаточно хорошо изучены вопросы формирования урожая в зависимости от периода воздействия на растения того или иного фактора. Такой подход основывается на более глубокой оценке микрофенологии сои. Американскими исследователями (Egli D.B., 2010) была разработана шкала микрофенологии, более детально учитывающая морфологические особенности сои, в которой этапы вегетативного роста обозначены как V (V1 – Vn), генеративного развития – как R (R1 – R8) (Бельшкіна М.Е., 2018).

Микрофазы по американской микрофенологии обозначаются следующим образом (Гатаулина Г.Г., Никитина С.С., 2016):

1) Вегетативные фазы: VE – всходы; V1 – Vn – 1-й – n-й узел на растении.

2) Генеративные фазы: R1 – начало цветения (один раскрытый цветок на любом узле главного стебля); R2 – полное цветение (один цветок на одном из двух верхних узлов главного стебля); R3 – образование плодов (бобы длиной 5 мм на одном из четырех верхних узлов главного стебля); R4 –

выполненные бобы (бобы длиной 20 мм на одном из четырех верхних узлов главного стебля); R5 – начало налива семян (семена длиной 3 мм в бобах на одном из четырех верхних узлов главного стебля); R6 – полный налив семян (бобы содержат зеленые семена, которые заполняют гнездо створки плода на одном из четырех верхних узлов главного стебля); R7 – начало созревания (один нормальный зрелый плод на главном стебле); R8 – полное созревание (95 % зрелых плодов на растении).

На число сформировавшихся бобов и семян на растении, массу 1000 семян, количество бобов на единицу площади и другие показатели агрофитоценоза сои значительное влияние оказывают неблагоприятные гидротермические условия вегетационного периода (Board J.E., Kang M.S., et al., 1999; Bruening W.P., Egli D.B., 1999; Yang Z., Hammer R.D. et al., 2003; Board J.E., Kahlon C.S., 2011).

Вегетационный период сои изменяется в широких пределах – от 80 до 140 и более дней. Культура обладает выраженной фотопериодической реакцией. По классификации Н.И. Корсакова (1973) было выделено 9 групп спелости сои: ультраскороспелые (менее 80 дней); очень скороспелые (81–90 дней); скороспелые (91–110 дней); среднескороспелые (111–120 дней); среднеспелые (121–130 дней); среднепозднеспелые (131–150 дней); позднеспелые (151–160 дней); очень позднеспелые (161–170 дней); исключительно позднеспелые (более 170 дней).

Профессор Г.С. Посыпанов в 1984 г. предложил разделить биотипы сои на группы спелости по сумме активных температур, при этом по аналогии с классификацией Н.И. Корсакова было также выделено 9 групп спелости: ультраскороспелые (до 1700°C); очень скороспелые (1701–1900°C); скороспелые (1901–2200°C); среднескороспелые (2201–2300°C); среднеспелые (2301–2400°C); среднепозднеспелые (2401–2600°C); позднеспелые (2601–3000°C); очень позднеспелые (3001–3500°C); исключительно позднеспелые (более 3500°C).

Существует еще одна классификация, применяемая в США и Европе, в соответствии с которой сорта сои распределяются на 5 групп спелости: 000 – 1700–2000°C; 00 – 2000–2400°C; 0 – 2400–2600°C; I – 2600–2800°C; II – 2800–3000°C. Достоинство данной классификации в том, что с помощью нее можно точнее охарактеризовать группу спелости сорта, но при этом необходимо учитывать также особенности фотопериодической реакции изучаемых сортов, так как соя имеет высокую чувствительность к фотопериодизму. В случае отклонения продолжительности светового дня от необходимого, может затягиваться переход в репродуктивную стадию, изменяться высота растений и конечная продуктивность посева. Таким образом, широтный ареал возделывания сои имеет четкие границы. При длинном дне происходит замедление развития растений сои, позже наступает цветение и увеличивается вегетационный период (Степанова В.М., 1985; Egli D.V., 1987).

Раннеспелые сорта менее отзывчивы на изменение длины дня, чем среднеспелые и позднеспелые. По реакции на фотопериодизм исследователями были выделены следующие группы сортов: очень слабо реагирующие или нейтральные сорта с периодом вегетации 80–100 дней; слабо реагирующие сорта с периодом вегетации 110–120 дней; средне отзывчивые формы с вегетацией 125–135 дней; сильно реагирующая группа, относящаяся к поздним сортам с вегетационным периодом 145–160 дней (Енкен В.Б., 1959; Fehr W.R., 1987; Egli D.V., 1988; Давыденко О.Г., Голоенко Д.В. и др., 2004; Гуреева Е.В., Гуреева М.П. и др., 2008; Yang W, Wu T. et al., 2019).

Для определения фотопериодической адаптивности сортов сои в разных агроклиматических районах, проводят эколого-географические испытания посевов. В опытах анализируют продолжительность вегетационного периода в целом, а также вегетативного и генеративного периодов (Вавилов Н.И., 1965; Сеферова И.В., Мисюрин Т.В. и др., 2007; Kantolic A.G., Slafer G.A., 2007).

Фотопериодизм можно оценивать и в контролируемых условиях искусственного климата, установив фотопериод любой продолжительности и интенсивности (Wang, 1998). Следует учитывать при этом, что спектр солнечного и искусственного освещения разный и может допускаться погрешность результатов (Zhang X., Wang R., et al., 2001; Кшникаткина А.Н., 2015).

В последние годы, селекционеры получают новые сорта, которые имеют пониженную чувствительность к фотопериодизму и могут возделываться в широком географическом диапазоне (Edgar R., Clovis A.V., 2002; Зеленцов С.В., Савельев А.А. и др., 2009; Song Y., Sun S., et al., 2019).

Соя относится к теплолюбивым культурам, при этом на разных этапах вегетационного периода она предъявляет неодинаковые требования к температуре воздуха. Современные сорта северного экотипа могут прорасти при температуре от 6–8°C. Однако наибольшая потребность в тепловых ресурсах возникает у сои к наступлению фаз цветения и формирования бобов. Температура воздуха в этот период должна быть не ниже 20–22°C (Muchow R.C., 1985; Sinclair T.R., Muchow R.C., et al., 1987; Sloan R.L., Patterson R.P. et al., 1990; Хайрулина Т.П., Тихончук П.В., 2012; Djanaguiraman M., Prasad P.V.V., et al., 2013; Farooq M., Nadeem F., et al., 2017).

Установлено, что у сортов сои северного экотипа ростовые процессы начинаются при более низких температурах. В связи с происходящим процессом потепления климата, высев этих сортов можно производить в более ранние сроки, одновременно с ранними яровыми культурами. Если несколько десятилетий назад высев этих сортов производился во второй декаде мая, то сейчас производится в последней декаде апреля. Сорта северного экотипа способны выдерживать кратковременные заморозки до –5°C.

Соя, как растение муссонного климата, является влаголюбивой культурой. При недостатке влаги в почве происходит угнетение корневой

системы, растения расходуют небольшие запасы влаги на формирование корневых волосков в ущерб симбиотической деятельности, что приводит к снижению продуктивности посева (Board J.E., Harville B.G, 1998; Haskett J.D, Pachepsky Y.A, et al., 2000; Лукомец В.М., Бочкарев Н.И. и др., 2008; Modi A.T., Greenfield P.L., 2010; Siczek A., Lipiec J., 2011; Зотиков В.И., 2014; Наумченко Е.Т., Малашонок А.А., 2016; Vital R.G., Müller C., et al., 2019).

В результате эколого-географических испытаний сортов сои в почвенно-климатических условиях Среднего Приамурья было установлено, что под влиянием погодных условий наибольшей изменчивостью характеризовалась продолжительность цветения растений сои. Определяющим длительность периода от посева сои до начала цветения фактором, оказалась температура, наибольшее отрицательное влияние на формирование числа бобов на растении оказывал температурный режим во время цветения (Гуреева Е.В., Гуреева М.П., 2008; Сеферова И.В., Новикова Л.Ю., 2015; Ермолина О.В., Короткова О.В., 2016; Djanaguiraman M., Scharaugh W.T., et al., 2019; Peña-Gallardo M., Vicente-Serrano S.M., et al., 2019; Шепель О.Л., Асеева Т.А. и др., 2020).

Установлено, что увеличение количества осадков, как и повышение температуры воздуха, вызывает рост активности ферментов основных метаболических путей. Вследствие этого увеличивается адаптивный потенциал растений, что в свою очередь улучшает качество их семян (Egli D.V., 1993; Дозоров А.В., Ермошкин Ю.В., 2011; Тильба В.А., 2012; Федорова Т.Н., Шукюров С.А., 2020; Козак Д.К., Иваченко Л.Е. и др., 2022).

Продуктивность сортов, выведенных несколько десятилетий назад, более чувствительна к неблагоприятным погодным условиям, чем у более современных сортов, что свидетельствует о большей экологической стабильности и адаптивности последних к негативным факторам внешней среды, необходимо вести дальнейшую селекцию сортов сои на жаровыносливость и засухоустойчивость (Фролов С.С., Ревенко В.Е., 2018). В условиях недостаточного увлажнения скороспелые сорта сои обычно

формируют большую урожайность, а при достаточной влагообеспеченности, наоборот, преимущество в продуктивности получают сорта более позднеспелые (Трунова М.В., Кочегура А.В., 2008; Дьяков А.Б., Трунова М.В. и др., 2009; Васильчиков А.Г., Гурьев Г.П., 2018).

В Калужской области было изучено влияние гидротермических условий вегетационного периода на урожайность сорта сои северного экотипа Магева. Было установлено, что продолжительность вегетационного периода сои в годы с недостаточным увлажнением ($ГТК < 1,0$) сокращалась в среднем на 17 дней (15,9 %) по сравнению с оптимальным ($ГТК = 1,0-1,5$) в первую очередь за счет сокращения периода генеративного развития. Наибольшая урожайность семян сои в размере 1,61 т/га была получена в годы с достаточным увлажнением, а наименьшая – 1,24 т/га – с недостаточным (Сихарулидзе Т.Д., Храмой В.К. и др., 2017).

Зарубежными исследователями были проанализированы периоды наступления водного стресса в разные фазы вегетации растений сои и оценены их последствия. Засуха изменяет фенологию растений и тем самым влияет на компоненты урожая. Целью исследований было определить, как стресс, вызванный засухой, на различных стадиях роста влияет на анализируемые характеристики растений сои. Детерминированные и индетерминантные сорта выращивались в тепличных условиях и подвергались двум уровням засушливого стресса (30 и 50 % доступной растениям влаги) на этапах вегетации (V4 – R1), цветения (R1 – R3), роста плодов (R3 – R5) и налива семян (R5 – R6) (Bita С.Е., Gerats Т., 2013; Nguу-Robertson А., Suyker А., et al., 2015; Anderson М.С., Gao F., et. al., 2016; Sehgal А., Sita К., et al., 2018; Фадеева А.Н., Абросимова Т.Н., 2019; Liu Y., Li J., et al., 2019).

Было установлено, что стресс от засухи способствовал более раннему переходу развития растений сои от вегетативного к репродуктивному. Продолжительность всех периодов в условиях засухи сокращается. Было выявлено влияние засухи на среднюю длину междоузлий и рост растений в

высоту в целом. Растения сои, подвергшиеся наибольшему воздействию засухи, имели наименьшую высоту. Ранний водный стресс влиял на количество семян в бобе, при более позднем его наступлении – снижалась их масса. Продолжительность периода созревания значительно сокращалась под действием стресса во время заполнения семян, что приводило к ускоренному старению (Desclaux D., Huynh T.T. et al., 2000; Anjum S.A., Zohaib A., et al., 2017; Baghel L., Kataria S., et al., 2018; Wijewardana C., Alsajri F.A., et al., 2019).

Корневая система сои – стержневая, главный корень может проникать на глубину почвы до 2 м, боковые корни расположены в основном в пахотном слое. Лучшим для сои типом почв является хорошо аэрируемый структурный чернозем (Linkemer G., Board J.E., et al., 1998; Wortmann C.S., McIntyre V.D., et al., 2000; Посыпанов Г.С., 2015).

Соя требовательна к аэрации почвы, чтобы нормально функционировать, ей необходим благоприятный водно-воздушный режим. Оптимальная аэрация в зоне корнеобитаемого слоя почвы должна быть на уровне 15–22 %, критический минимум – 9 % (Sytnikov D.M., Kirizii D.A., et al., 2007; Парахин Н.В., Осин А.А. и др., 2008; Shiratsuchi L., Ferguson R., et al., 2011; Collino D.J., Racca R.W., et al., 2015; Жаркова С.В., Манылова О.В. и др., 2019). Отдельные питательные элементы за время вегетации соя потребляет дифференцированно, в зависимости от этапа роста и развития растений (Kelley K.W., Long J.H. et al., 2003; Васильченко С.А., 2010; Cook R.L., Trlica A., 2016).

Во ВНИИ сои было изучено влияние длительного применения минеральных удобрений на обеспеченность растений элементами питания и содержание белка в семенах сои. Установлено, что в среднем за пять лет, внесение перед посевом N30P60 по последствию длительного применения органо-минеральной системы удобрений привело к увеличению содержания белка в семенах сои на 0,4 % относительно этого показателя в контроле. Выявлена существенно тесная корреляционная взаимосвязь

содержания белка в семенах сои с количеством выпавших осадков и ГТК по Селянинову в период образования плодов – налива семян ($R = 0,841-0,928$ при $R_{\text{крит.}} = 0,754$). Для увеличения содержания и накопления белка в семенах сои необходимо строго соблюдать сроки посева сои, чтобы период образования плодов – налива семян у растений проходил в благоприятном гидротермическом режиме. В таких условиях применение азотно-фосфорных минеральных удобрений в длительном стационарном опыте обеспечивало биологическую урожайность сои на уровне 4,1–4,4 т/га в зависимости от уровня поступления в растения минерального азота и подвижного фосфора. Сбор белка при этом составил 1,4–1,5 т/га. При использовании только фосфорных удобрений в дозе P_{60} отмечена лишь тенденция к увеличению урожайности семян и сбора белка с единицы посевной площади (Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т. и др., 2020).

В Центральном районе Нечерноземной зоны лучшими для сои являются среднесуглинистые почвы с содержанием гумуса около 2 %, хорошо аэрируемые в зоне корнеобитаемого слоя и с хорошей влагообеспеченностью, со слабокислой реакцией почвенного раствора, при этом $pH_{\text{сол}}$ должна быть не ниже 5,8 (Наумов А.Ю., Гаранин М.Н. и др., 2012; Ханиева И.М., Тлостанов И.Х. и др., 2019).

Одним из важнейших свойств сои как бобовой культуры является способность к симбиотической фиксации азота. За вегетационный период соя может зафиксировать от 40 до 200 кг азота на гектар, что в процентном соотношении составляет от 25 до 90 %, а в среднем при благоприятных условиях симбиоза – 80–90 % (Абрамова А.В., Неупокоева К.Г., 2016).

При формировании урожайности сои порядка 2,5–3,5 т/га, в биомассе и семенах накапливается 240–300 кг/га азота, что в 2–4 раза выше других зерновых культур (Belkheir A.M., Zhou X., et al., 2001; Гатаулина Г.Г., Кошкин Е.И. и др., 2005; Baddeley J.A., Jones S., et al., 2013; Посыпанов Г.С., 2015; Хамоков Х.А., 2017).

Соя способна накапливать до 120 кг/га биологического азота в почве при обеспечении благоприятных условий симбиоза и правильном подборе штамма клубеньковых бактерий. Фиксируемый азот потребляет само растение и последующие сельскохозяйственные культуры в севообороте, этот фактор свидетельствует о важности включения сои в систему органического земледелия. Способствует повышению эффективности симбиотической азотфиксации инокуляция семян комплементарными штаммами микроорганизмов. Семенная продуктивность сои возрастает при применении только инокуляции – в 2,2 раза, за счет совместного применения азота и инокуляции – в 3,6 раза (Hungria M., Bohrer T.R.J., 2000; Дозоров А.В., Гаранин М.Н., 2012; Осин А.А., 2013; Денисов Е.П., Кшникаткина А.Н. и др., 2017; Кобозева Т.П., Попова Н.П. и др., 2017; Кшникаткина А.Н., Журавлев Е.Ю., 2017; Santachiara G., Rotundo J.L., et al., 2019).

Необходимо создавать благоприятные условия для симбиоза. В условиях дефицита влаги количество и масса клубеньков, в том числе активных, резко снижаются. В результате этого снижается активность азотфиксации и растения сои переходят на питание минеральными формами азота (Посыпанов Г.С., Вавилов П.П., 1983; Дебелый Г.А., 2009; Головина Е.В., Зотиков В.И., 2010; Головина Е.В., Зотиков В.И. и др., 2015; Тильба В.А., Тишков Н.М., 2016; Porwollik V., Müller C., et al., 2017).

По данным исследований, на уровень фиксированного растениями сои из воздуха азота оказывает влияние значение гидротермического коэффициента вегетационного периода. При достаточной влагообеспеченности (ГТК = 1,0–1,5) количество фиксированного азота воздуха достигает 70 % от его общего потребления. В засушливые годы (ГТК < 1,0) азотфиксация снижается до 15–35 %. (Тильба В.А., Синеговская В.Т., 2012; Делаев У.А., Кобозева Т.П. и др., 2018).

На азотфиксацию оказывает влияние уровень минерального питания растений сои. Так, внесение минерального азота препятствует образованию клубеньков и задерживает их развитие (Елисеева Н.В., 2000; Синеговская

В.Т., 2002; Зотиков В.И., Наумкина Т.С. и др., 2016; Balboa G.R., Sadras V.O., et al., 2018; Iturralde E.T., Covelli J.M., et al., 2019).

Клубеньки на корнях начинают формироваться при температуре – 5°C, азот при этом практически не усваивается, процессы ассимиляции запускаются при температуре 10–13°C, достигая максимума при 24–25°C (Gan Y., Stulen I., et al., 2003; López-García S.L., Althabegoiti M.J., et al., 2009; Попова Н.П., 2015).

1.5. Особенности фотосинтетической деятельности и системный подход к анализу динамических характеристик продукционного процесса сои

Для изучения и эффективного управления продукционным процессом агрофитоценоза сельскохозяйственных культур в опытах применялись основные концепции системного анализа (Carpenter A.C., Board J.E., 1997; Головина Е.В., 2007; Campbell P.K.E., Middleton E.M., et al., 2007; Гатаулин А.М., 2010; Dong T., Meng J., et al., 2015; Christenson B.S., Schapaugh W.T., et al., 2016; Gogoi N., Varoowa B., et al., 2018; Liu Y., Zhang X., et al., 2018; Jumrani K., Bhatia V.S., 2019; Li M., Liu Y., et al., 2019).

Основные теоретические положения в области физиологии растений, растениеводства, земледелия, агрохимии и других аграрных наук формировались в течение нескольких столетий. За это время путь познания изменился и усложнился и на сегодняшний день уже недостаточно простых эмпирических опытов, необходимо планирование и исполнение экспериментальных исследований, охватывающих биологические системы разного уровня организации, и при реализации крупных экспериментальных программ основополагающим становится системный подход в исследованиях (Мальцев В.Ф., Наумкин В.Н. и др., 1986; Гамзиков Г.П., 2014).

К настоящему времени широко исследованы основополагающие процессы жизни растений: фотосинтез и дыхание, осуществляющие преобразование материи и энергии; минеральное питание, являющееся

научной основой об использовании удобрений в земледелии; симбиоз с азотфиксирующими микроорганизмами у зерновых бобовых культур; основные механизмы и закономерности водного обмена растений, их адаптации к условиям внешней среды и т. д. (Тооминг Х.Г., 1977; Мокронос А.Т., 1988; Ничипорович А.А., 1988; Дроздов С.Н., Курец В.К., 2004; Kang M.S., Özdoğan M., et al., 2016).

Биологическая продуктивность растения – результат процесса фотосинтеза, когда солнечная энергия переходит в энергию органических соединений – растительной биомассы. Зеленые растения, поглощая энергию солнечного света, с помощью хлорофилла из простейших веществ (углекислого газа, воды и минеральных солей) образуют богатые энергией, сложные и разнообразные по химическому составу вещества (Алиев Д.А., Акперов З.И., 1995; Slattery R.A., Bernacchi C.J., et al., 2017).

Основоположниками учения о фотосинтезе растений являются Жан Батист Буссенго – французский агрохимик, являющийся автором Избранных произведений по физиологии растений и агрохимии (1936), Юлиус фон Сакс – немецкий биолог, ботаник (1984), Вильгельм Пфеффер – немецкий физиолог растений (1881) и К.А. Тимирязев – российский физиолог (1948), которые в разное время экспериментально установили взаимосвязь между интенсивностью фотосинтетической деятельности растений и урожайностью.

Благодаря регулированию факторов на разных этапах вегетации, влияющих на фотосинтетическую деятельность сои, можно управлять формированием конечного урожая. При помощи агротехнических приемов можно воздействовать на плотность ценоза, вредителей, болезни, аэрация почвы, ее гранулометрический состав и другие факторы. В то же время невозможно повлиять на температурный режим, количество осадков за вегетацию, почвенные засухи – они относятся к нерегулируемым факторам среды и оказывают порой лимитирующими в формировании конечного урожая сои (Ничипорович А.А., 1967; Шевелуха В.С., 1992; Wells R., 1993; Jumrani K., Pandey G.P., et al., 2017; Vico G., Way D.A., et al., 2019).

Неотъемлемым условием получения высоких урожаев сои является наличие оптимальной площади листовой поверхности. Важным условием получения оптимальной площади листьев у растений является формирование определенной густоты растений. При этом известно, что посев как система обладает свойствами, отличными от свойств отдельного растения. Так, если на отдельное растение улучшение освещенности оказывает положительное воздействие, и его индивидуальная продуктивность возрастает, то для агрофитоценоза необходимо подобрать оптимальную плотность ценоза, чтобы полностью реализовать продуктивный потенциал посева (Гатаулина Г.Г., 1995; Board J.E., Harville B.G., 1998; Ball R.A., Purcell L.C., 2000; Brown-Guedira G.L., Thompson J.A., et al., 2000; Bunce J.A., Sicher R.C., 2001; Cooper R.L., 2003; Синеговская В.Т., Гайдученко А.Н. и др., 2010; Редкокашина А.В., 2016; Амелин А.В., Чекалин Е.И. и др., 2017).

Таким образом, оптимальные условия для максимальной продуктивности отдельного растения и агрофитоценоза как системы различны. В результате проведенных исследований было установлено, что оптимальной площадью листовой поверхности считается площадь в пределах 40–50 тыс. м²/га (Gan Y., Stulen I., et al., 2002; Dozorov A.V., Rakhimova Y.M., et al., 2014; Dozorov A.V., Naumov A.Yu., et al., 2016; Лысенко Н.Н., Петрова С.Н. и др., 2017; Dozorov A.V., Naumov A.Yu., et al., 2017).

В условиях высокой влагообеспеченности преимущество по показателям фотосинтетической деятельности и продуктивности посевов как правило имеют варианты с большей густотой стояния растений и обычным рядовым способом посева, при дефиците влаги – наоборот, с меньшей густотой и при широкорядном способе посева (Ziska L.H., Bunce Ja.A., 1995; Harazono Y., Yoshimoto M., et al., 1996; Koesmaryono Y., Sugimoto H., et al., 1998; Kantolic A.G, Slafer G.A., 2001; Subrahmanyam D., 2002; Кошкин Е.И., 2012; Мысак Е.В., Селихова О.А., 2014; Шабалдас О.Г., Пимонов К.И. и др., 2020).

Важно, чтобы продукты фотосинтеза активно оттекали в репродуктивные органы и накапливались в них. При этом на распределение

продуктов фотосинтеза по органам растений положительное влияние могут оказывать биологически активные вещества (Egli D.B., Guffy R.D., et al., 1985; Sinclair T.R., Muchow R.C., et al., 1987; Wells R., 1991; Atkins C.A., Fernando M., et al., 1992; Bell M.J., Gillespie T.J., et al., 1994; Гатаулина Г.Г., Посыпанов Г.С. и др., 1997; Lansing A.J., Franceschi V.R., 2000; Кошкин Е.И., Гатаулина Г.Г. и др., 2005; Головина Е.В., 2007; Гайдученко А.Н., Оборский С.Л. и др., 2011; Bulegon L.G., Guimarães V.F., et al., 2017; Tamagno S., Balboa G.R., et al., 2017; Kovar M., Brestic M., et al., 2019).

Достоверным показателем прогнозирования величины потенциальной урожайности сои может служить значение коэффициента использования ФАР. Согласно теории высокой продуктивности, разработанной А.А. Ничипоровичем (1982), посевы всех сельскохозяйственных культур по коэффициенту полезного действия (КПД) фотосинтетически активной радиации (ФАР) солнечной энергии, разделяются на следующие группы: обычно наблюдаемые (0,5–1,5 %), рекордные (3,5–5,0 %) и теоретически возможные (6–8 %). Установлено, что для получения высоких урожаев достаточно 2,0–3,0 % использования ФАР (Ничипорович А.А., 1966, 1967, 1977, 1988; Шатилов И.С., Каюмов М.К., 1978; Каюмов М.К., 1989; Begonia G.B., Begonia M.T., 2007; Усанова З.И., Кукарекин В.В., 2013; Hoyos-Villegas V., Fritschi F.V., 2013; Бельшкіна М.Е., Кобозева Т.П. и др., 2018; Miller J.J., Arneson N.J., et al., 2018).

В начальный период развития растений сои, ввиду небольшой площади листового аппарата, значительная часть ФАР не улавливается. По мере нарастания площади листьев, нарастает интенсивность поглощения энергии солнца и достигает максимальной величины к фазе начала налива семян. В этот период индекс листовой поверхности составляет 4–5, что соответствует площади листьев в посевах на уровне 40–50 тыс. м² / га (Claus H., Mortimer D.C. et al., 1966; Bassham J.A., 1977; Brown R.A., 1978; Duke S.H., Schrader L.E. et al., 1979; Быков Г.Е., 1980; Piper E.L., Smit M.A. et al., 1996; Thorne J., 1978; Egli D.B., 1997; Ferris R., Wheeler T.R., et al., 1998; Bunce J.A., 2000;

Yuan L., Yanqun Z. et al., 2002; Зотиков В.И., Головина Е.В., 2011; Djanaguiraman M., Prasad P.V.V., et al., 2011; Dusenge M.E., Duarte A.G., et al., 2019). В это время поглощается до 80 % от видимой и до 40 % от общей радиации. При дальнейшем увеличении площади листьев поглощение ФАР остается на прежнем уровне и снижается в 1,3–1,4 раза к полному наливу семян (Wittenbach V.A., Ackerson R.C., et al., 1980; Lauer M.J., Shibles R., 1987; Voerma H.R., Ashley D.A., 1988; Sinclair T.R., Horie T., 1989; Алиев Д.А., Акперов З.И., 1995; Yanqun Z., Yuan L., et al., 2003; Дозоров А.В., 2004; Nguu-Robertson A., Gitelson A., et al., 2012; Синеговская В.Т., Гайдученко А.Н. и др., 2013; Dong T., Meng J., et al., 2015; Qin J., Wang F., et al., 2016).

Получение высоких урожаев зависит от сорта, агротехники, оптимального агрофона, но в первую очередь – от высокого качественного питательного режима растений, агрометеорологических условий и оптимизации водного режима, необходимых для обеспечения лучшего поглощения энергии ФАР. Показатели фотосинтетической деятельности посева имеют сильную корреляцию с метеорологическими условиями года исследований (Ничипорович А.А., 1966; Исайчев В.А., Хованская Е.Л., 2008; Гуреева Е.В., 2009; Головина Е.В., Зотиков В.И., 2012; Yao X., Li C., et al., 2017; Михеева О.А., Рожков А.А. и др., 2019).

Системная методология научных исследований в современном понимании – это направление методологии научного познания, в основу которого заложено комплексное изучение макрообъекта как системы целостного комплекса взаимосвязанных компонентов (Аверьянов А.Н., 1985). Согласно теории системного подхода, каждый объект в процессе исследования рассматривается в качестве крупной и сложной системы и одновременно как составная часть более общей многокомпонентной системы (Мальцев В.Ф., 1992; Тюрина Ю.Г., 2019).

Принято считать, что система – это целостный комплекс взаимосвязанных элементов (компонентов), образующих особое единство со средой, при этом любая система может выступать в качестве всего лишь элемента

другой системы более высокого уровня, в то время как ее отдельные элементы являются самостоятельными системами, но более низкого уровня (Гатаулин А.М., 2012; Гамзиков Г.П., 2014). Для каждой науки свойственны свои методы, комплекс объектов исследований и своеобразие их взаимосвязей.

Элементы системы взаимосвязаны между собой и относительно обособлены от внешней среды. При этом, взаимодействие элементов системы направлено на достижение некоторой заданной цели, что способствует реализации определенных ее функций.

Агрофитоценоз сои в исследованиях рассматривается как система, подсистемами которой являются периоды роста и развития, обеспечивающие видоизменение системы и ее качественно новое состояние на выходе. Каждый период, как элемент подсистемы, характеризуется определенными входными и выходными величинами показателей фотосинтетической деятельности посева (Гатаулина Г.Г., Приходько В.А., 1982; Гатаулина Г.Г., 1986; Шпаар Д., 2000; Heinemann A.V., Hoogenboom G., et al., 2002; Дебелый Г.А., 2009; Гатаулина Г.Г., Соколова С.С., 2013; Попова Н.П., 2016; Бельшкина М.Е., 2019).

Показатели фотосинтетической деятельности, такие как – площадь листовой поверхности, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность биомассы и семян и т.д., принимаются на единицу площади и не изучаются для отдельно взятых растений (Шатилов И.С., Каюмов М.К., 1978). Система в свою очередь тоже оказывает влияние на внешнюю среду через элементы, которые образуют выход системы – выходные величины (Курец В.К., Попов Э.Г., 1991; Дроздов С.Н., Холопцева Е.С. и др., 2010).

Воздействие внешней среды достигается через элементы системы, которые называются входами системы, а факторы внешней среды, непосредственно осуществляющее это воздействие – входными величинами.

К входным величинам системы «Агрофитоценоз» относится разнообразное воздействие внешней среды, которое в последствии

трансформируется через систему в определенный временной промежуток, на выходе эти факторы приобретают новые качества и называются, соответственно, выходными величинами. К выходным величинам относятся факторы, определяющие нарастание органической массы, формирование плодов, накопление белка и жира, выделение кислорода при фотосинтезе и углекислого газа в процессе дыхания).

На следующем этапе мы можем обозначить некоторый входной ресурсный фактор как входную переменную через (X) (концентрации применения биопрепарата, %), выходным показателем (Y) будет, например, урожайность в т/га. Тогда, сопоставив прирост урожайности на выходе (Δy) с изменением концентрации на входе (Δx) , можно оценить эффективность $(\mathcal{E}_{y/x})$ рассматриваемого фактора:

$$\mathcal{E}_{y/x} = \Delta y / \Delta x.$$

Каждая система, в том числе и биологическая, обладает системными свойствами, к их числу относятся свойства:

- целостности (система приобретает качественно новые свойства, отличные от слагающих ее элементов, это проявление получило название эмерджентности);
- связности (наличие этого свойства позволяет вычленять систему как относительно обособленное целое);
- разнообразия (системы находятся в постоянном движении, т. е. могут принимать различные значения и находиться в разных состояниях);
- организованности (уменьшение неопределенности системы свидетельствует о возникновении зависимостей между ее элементами);
- сложности (каждой системе свойственна определенная степень сложности, системы бывают простые, сложные и очень сложные).

1.6. Агрэкологическое районирование и адаптация современных сортов сои к новым условиям произрастания

Наряду с неоспоримыми преимуществами, соя характеризуется специфическими особенностями, ограничивающими ее широкое распространение. Среди них – более низкая потенциальная урожайность, чем у зерновых сельскохозяйственных культур, индетерминантный тип роста большинства сортов, высокая чувствительность к температурно-влажностному режиму в критические периоды роста и развития и, в связи с этим, нестабильность урожайности (Гатаулина Г.Г., Соколова С.С. и др., 2014). Уровень потенциальной урожайности сои в условиях региона определяется в первую очередь напряженностью тепла и обеспеченностью влагой как в отдельные периоды ее роста и развития, так и в целом за период вегетации. Для реализации продукционного потенциала сорта требуется оптимизация всех факторов функционирования агрофитоценоза (Гуреева Е.В., Храмой В.К. и др., 2014; Иванова И.Ю., Фадеев А.А., 2020).

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации, включено около 300 сортов сои (Госсорткомиссия, 2021). Соя отечественной селекции выращивается из семян, не являющихся генетически модифицированными (Васильчиков А.Г., Акулов А.С. и др., 2015; Медведев А.М., Васютин А.С., 2015). Однако порядка 30 % площадей посева сои приходится на зарубежные сорта. Принято считать, что отечественные сорта сои уступают зарубежным по содержанию белка, а это ключевой показатель для качественной оценки продукции из сои (Дорохов А.С., Бельшкіна М.Е. и др., 2019).

Семеноводство является теоретической и практической основой реализации генетического потенциала продуктивности сорта. Поэтому важнейшими его задачами являются сохранение генотипа сорта в процессе его репродуцирования и реализация потенциала урожайности и размножения

семян в количестве, требуемом производством (Ревенко В.Ю., Мацола Н.А. и др., 2019; Кошкарлова Т.С., Толоконников В.В. и др., 2020).

В рамках реализации стратегии импортозамещения в нашей стране, основными конкурентными преимуществами новых сортов сои должны быть высокая технологичность, адаптированность к климатическим условиям региона возделывания, стабильная урожайность в разные по агроклиматическим условиям годы и высокий процент белка в семенах (Баранов В.Ф., Корреа У.А.Т. и др., 2007; Линников П.И., 2018).

Иностранные сорта сои плохо адаптированы к агроклиматическим условиям большинства регионов возделывания сои в нашей стране, не выносят пониженные температуры. Селекция новых российских сортов сои ведется на устойчивость к неблагоприятным факторам среды. При этом, современные сорта сои обладают высокой потенциальной продуктивностью (до 45 т/га), содержат в семенах 38–45 % белка и 18–23 % жира (Гончарова Э.А., 2011; Valliyodan V., Ye H., et al., 2017; Литвиненко О.В., Стаценко Е.С. и др., 2020).

Если несколько десятилетий назад традиционными регионами возделывания сои в нашей стране было принято считать Дальний Восток и Кубань. Благодаря успехам современной селекции, были созданы сорта сои, способные вызревать за 90–120 суток в условиях Центрального Нечерноземья, Центрального Черноземья и Поволжья (Зайцев В.Н., Зайцева А.И., 2006; Катюк А.И., Зубков В.В., 2014; Светашова Л.А., Климкина Е.В. и др., 2015).

На проявление генотипа сорта в конкретных агроклиматических условиях вегетационного периода оказывают непосредственное влияние факторы среды произрастания. Помимо обеспеченности теплом и влагой, к ним относятся минеральный состав почв, засоренность посевов и наличие вредителей. Необходимо создавать сорта, способные произрастать и давать стабильные урожаи на разных типах почв, устойчивые к сорнякам и болезням (Дозоров А.В., 2005; Баранов В.Ф., Махонин В.Л., 2013).

Наряду с созданием и вводом в севооборот новых жаро- и засухоустойчивых сортов, необходимо будет пересмотреть технологические карты и меры по борьбе с вредителями и болезнями, которые ранее на этих территориях не фиксировались (Михилев А.В., 2018).

Методами современной селекции возможно получать сорта, обладающие признаками, влияющими на стрессоустойчивость и урожайность в оптимальном сочетании. Доля селекционной составляющей в урожайности составляет от 30 до 70 % и будет возрастать в изменившихся климатических условиях большинства регионов (Жученко А.А., 2004; Баранов В.Ф., Кочегура А.В. и др., 2010; Делаев У.А., Батукаев А.А. и др., 2013; Головина Е.В., Задорин А.М., 2018).

В результате анализа селекционного материала сои с целью выявления диапазона варьирования взаимосвязи между содержанием белка в семенах и урожайностью была выявлена изменчивость соотношения между признаками как в зависимости от условий вегетационного периода, так и от анализируемого материала. В целом соотношение между признаками не является строго закономерным и связано с конкретным селекционным материалом. Таким образом, было сделано заключение, что создание сортов сои с повышенной белковой продуктивностью возможно, как за счет более высокой урожайности, так и повышенного процента белка (Gay S., Egly D.V., et al., 1980; Зима Д.Е., Кочегура А.В., 2020; Синеговская В.Т., Очкурова В.В. и др., 2020).

При описании модели каждого конкретного сорта сои приводятся его морфологические признаки, а также особенности его взаимодействия с окружающей средой. Отличительными факторами сортов сои являются их морфологические признаки, физиологические реакции, потенциальная урожайность, уровень адаптивности к абиотическим факторам и т.д. (Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В., 2008; Дьяков А.Б., Трунова М.В., 2010; Boote K.J., 2011; Ramirez-Villegas J., Koehler A.-K., et al., 2017; Толоконников В.В., Канцер Г.П. и др., 2018; Амелин А.В., Чекалин Е.И. и др., 2019;

Головина Е.В., Зеленов А.А. и др., 2019; Рябуха С.С., Чернышенко П.В. и др., 2019; Фадеева А.Н., Абросимова Т.Н., 2019; Минькач Т.В., Селихова О.А. и др., 2020).

Технологичность сорта определяется скоростью начального роста, интенсивностью нарастания фотосинтетического аппарата, высотой растений, длительностью цветения и плодообразования, прочностью стебля и устойчивостью к полеганию, высотой крепления нижнего боба, единовременностью созревания и нестрескиваемостью бобов, устойчивостью оболочки семян при обмолоте (Баранов В.Ф., Лукомец В.М., 2005; Моисеенко, 2011; Батукаев А.А., Делаев У.А. и др., 2012; Акулов А.С., Васильчиков А.Г., 2014; Белявская Л.Г., Белявский Ю.В. и др., 2018; Васильченко С.А., Метлина Г.В. и др., 2019).

На зеленый корм или совместно с кукурузой на силос используют высокорослые сорта сои с большой вегетативной массой. Зерновые сорта низкорослые, формируют высокий урожай, семена характеризуются повышенным содержанием белка и жира. Зерно-кормовые сорта занимают промежуточное положение, они среднерослые и среднеспелые, формируют высокую урожайность семян и зеленой массы (Мудрик Н.В., Бутовец Е.С., 2011; Кузнецов И.И., Амелин А.В., 2012; Лукомец В.М., Кочегура А.В., 2013; Хамоков Х.А., 2015).

В зависимости от региона районирования, сорта сои предъявляют разные требования к условиям тепло- и влагообеспечения. Так, для Дальневосточных сортов сои оптимальным является количество осадков за вегетацию на уровне 300–350 мм, при этом влажность воздуха должна быть 70–75 %. Сортам, районированным в южных регионах страны, достаточно 150–200 мм осадков за вегетацию (Шевченко В.Е., 2006; Головина Е.В., 2009; Кузнецов И.И., Амелин А.В., 2012; Головина Е.В., 2018; Сеферова И.В., Вишнякова М.А., 2018; Засорина Э.В., Сапрыкин В.Ю. и др., 2019; Балакай Г.Т., Селицкий С.А. и др., 2020).

В результате изучения более 200 сортов сои различного эколого-географического происхождения мировой коллекции ВИР в условиях Рязанской области в 2015–2017 гг. были выделены сорта, сочетающие повышенную продуктивность с оптимальной продолжительностью вегетационного периода, имеющие повышенное число продуктивных узлов, бобов и семян на растении, сочетающие высокое содержание белка в семенах с повышенным содержанием масла. Посредством корреляционного анализа установлено, что продолжительность вегетационного периода в большей степени определяется величиной периода «полное цветение – полное созревание» ($r = 0,811$) и в меньшей степени зависит от периода «полные всходы – полное цветение» ($r = 0,482$) (Ракина М.С., 2011; Гуреева Е.В., Фомина Т.А., 2015; Гуреева Е.В., 2018).

Использование математических моделей для прогнозирования хозяйственно-ценных характеристик растений, таких как длина периодов «посев – всходы», «всходы – цветение», «цветение – созревание», а также урожайность, содержание белка и масла в семенах сои, должно являться научной основой селекционного улучшения сортов культуры в условиях глобальных изменений климата. Учеными разрабатываются модели, в которых используются новейшие подходы математического моделирования, с помощью которых подбираются функции погодных данных. Необходимым условием успешного развития динамического моделирования служит биологизация имеющихся моделей, а также существенное повышение научной обоснованности подходов при описании биотических процессов в системе почва-растение-атмосфера (Баденко В.Л., Топаж А.Г. и др., 2017; Таратухин О.Д., Новикова Л.Ю. и др., 2020).

В условиях Московской области на коллекционном материале сои, российской и иностранной селекции, очень ранней и ранней групп спелости было проведено исследование признаков скороспелости – вегетативный, генеративный периоды, период вегетации, межфазные периоды развития. Было обнаружено, что коллекционные образцы сои характеризуются низкой

изменчивостью вегетативного, генеративного и вегетационного периодов. Межфазные периоды развития были также маловариабельны, за исключением периодов «бутонизация – начало цветения» и «начало цветения – начало образования бобов» (Шафигуллин Д.Р., Гинс М.С. и др., 2017).

Во ВНИИ сои путем отбора из наиболее перспективных сортообразцов мировой коллекции и использования их в качестве исходного материала в практической селекции культуры, выявляются лучшие сорта по разным направлениям использования: высокобелковые, ультраскороспелые, скороспелые, высокопродуктивные и устойчивые к болезнетворным патогенам, распространенным в регионе (Синеговская В.Т., Скрипко О.В., 2017; Фокина Е.М., Синеговская В.Т. и др., 2017; Фокина Е.М., Титов С.А. и др., 2019; Бутовец Е.С., Страшненко Т.Н., 2020). Отобранный гибридный материал по различным направлениям селекционных исследований является основой для создания высокопродуктивных сортов сои нового поколения, различных групп спелости с улучшенными хозяйственно полезными признаками (Синеговская В.Т., Синеговский М.О. и др., 2016; Хасбиуллина О.И., Васина Е.А., 2016; Жукова Н.И., Смелая З.И. и др., 2017; Фокина Е.М., Разанцев Д.Р., 2019; Синеговский М.О., 2020).

В результате многолетних исследований, учеными ВНИИМК имени В.С. Пустовойта (Трунова М.В., 2017), была разработана модель сорта для условий юга Центрального региона России. Было установлено, что для обеспечения урожайности сои на уровне 3,5–4,0 т/га при благоприятных условиях роста и развития, продолжительность вегетационного периода не должна превышать 110 суток. Количество бобов на нижнем и среднем ярусах должно составлять 75–85 % от общего количества при продуктивности семяобразования 85–90 % (Розенцвейг В.Е., Голоенко Д.В. и др., 2008; Попова Н.П., Кобозева Т.П., 2009; Dontsova Y.I., Makhno Y.O., et al., 2019).

В регионах возделывания сои с засушливыми условиями и неравномерным распределением осадков в течение вегетационного периода предпочтительно возделывание полудетерминантных сортов сои с

укороченным периодом «всходы – начало цветения» (28–35 суток) и продолжительным периодом цветения (37–45 суток) (Некрасов А.Ю., 2016; Шабалдас О.Г., Зайцев Н.И. и др., 2019).

Высокопродуктивные сорта сои должны характеризоваться эффективным перераспределением пластических веществ между вегетативными и генеративными органами. Биохимические показатели должны быть на высоком уровне: содержание белка – 40–43 %, жира – 21–23 %, трипсинингибирующая активность – 19–23 % (Тошкина Е.А., Амбарцумова К.А., 2019).

Начало интродукции сои в Нечерноземную зону РФ было положено в 80-е годы XX века, когда учеными Тимирязевской сельскохозяйственной академии (в настоящее время – Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева) и Рязанского научно-исследовательского института сельского хозяйства (в настоящее время Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ») были получены первые сорта северного экотипа, способные устойчиво созревать в условиях высоких широт и ограниченных тепловых ресурсов.

Под руководством Н.А. Майсурына, Г.С. Посыпанова, В.П. Мухина и М.П. Гуреевой, методом радиационного мутагенеза выявляли ультраскороспелые формы сои, которые послужили основой для создания новых сортов. Таким образом были созданы и районированы сорта Магева, Окская, Светлая и Касатка. Работа по селекции сортов северного экотипа для условий Центрального Нечерноземья была начата в 1980 г. и непрерывно продолжается до сих пор. Так, в 2017 г. в государственный реестр селекционных достижений был включен новый сорт – Георгия (Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П., 2006; Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П. и др., 2007; Сихарулидзе Т.Д., Храмой В.К. и др., 2012; Фадеев А.А., 2012; Гаврилин Д.С., Полевщиков С.И., 2014; Кобозева Т.П., Синеговская В.Т. и др., 2015;

Кобозева Т.П., Попова Н.П., 2016; Кобозева Т.П., Шевченко В.А. и др., 2016; Ториков В.Е., Бельченко С.А., 2019).

В условиях Рязанской области постоянно проводится работа по отбору сортов, сочетающих повышенную продуктивность с оптимальной продолжительностью вегетационного периода. Полученные новые знания используются в практической селекции при создании новых сортов, адаптированных к условиям Центрального региона России. При селекции сои на продуктивность учитываются количество продуктивных узлов, бобов и семян на растении. Селекция на скороспелость осуществляется с учетом пригодности сортов к механизированной уборке (Бутовец Е.С., 2011; Золотарев С.В., Кобозев И.В. и др., 2012; Гуреева Е.В., 2019).

В результате изучения влияния погодных условий на формирование урожая сортов сои северного экотипа Магева, Светлая и Касатка в РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева было установлено, что у сорта Касатка ростовые процессы происходят более интенсивно в начале вегетации, а после цветения происходит их резкое торможение, у сорта Магева ростовые процессы происходят более плавно. При этом, все сорта обладают одинаковым потенциалом урожайности семян, но Касатка более чувствительно реагирует на снижение плодородия почвы. В результате химического анализа состава сои сорта Магева, было выявлено, что семена данного сорта обладают пониженной активностью ингибиторов трипсина (Гуреева Е.В., Храмой В.К. и др., 2014).

В связи с потеплением климата, период от всходов до созревания у сортов сои северного экотипа в условиях Центрального района Нечерноземной зоны в последние годы сократилась на 20–25 дней и составляет 90–102 дня. В исследованиях был рассчитан коэффициент вариации (V %), отражающий степень влияния погодных условий на формирование площади листьев и конечного урожая, так у сорта Магева его значение составило 40,4 и 47,5 %, у сорта Касатка – 32,5 и 30,7 % соответственно. Также установлено, что при недостатке влаги в период

цветения и образования плодов формировалась урожайность в пределах 0,9–1,2 т/га, а при благоприятных условиях она составила 2,5–2,8 т/га (Гатаулина Г.Г., Соколова С.С. и др., 2014; Бельшкина М.Е., 2018).

В исследованиях, проведенных в агроклиматических условиях Рязанской области, была установлена степень взаимосвязи урожайности сои и агроклиматических условий на примере сорта Магева. В 75 % лет исследований наблюдалось недостаточное увлажнение, в 19 % лет – достаточное и в 6 % лет – избыточное. Продолжительность вегетационного периода сортов сои северного экотипа в засушливых условиях сокращалась на 15–17 дней в основном за счет сокращения периода генеративного развития. Наибольшая средняя урожайность семян сои (2,5–2,7 т/га) была в годы с достаточным увлажнением (ГТК = 1,0–1,5), наименьшая (1,9–2,1 т/га) – при дефиците влаги (ГТК < 1,0), таким образом разница составила 22,2 % (Бельшкина М.Е., Кобозева Т.П. и др., 2020; Гуреева Е.В., 2018).

В условиях Московской области в контрастные по температурному режиму и влагообеспеченности годы была проведена оценка продолжительности межфазных периодов у 11 образцов сои коллекции ВИР. В оптимальных погодных условиях всходы появлялись через 9–11 дней после посева, а при низких среднесуточных температурах (+9...+1°C) или в условиях ранневесенней засухи – через 19–30 дней. В среднем за шесть лет по продолжительности вегетационного периода и соответствующей этому периоду сумме активных температур образцы распределились следующим образом: Светлая – 90 дней (1650°C); Касатка, Окская, Магева – 94–96 дней (1723–1771°C); Fiskeby V, Малета, ПЭП 27 – 97–99 дней (1793–1826°C); Ланцетная – 103 дня (1862°C); Северная звезда, М-27 – 104–106 дней (1920°C); Брянская 11 – 110 дней (1941°C). Характеризовались стабильным созреванием в оптимальные сроки – до II декады сентября – сорта сои северного экотипа Светлая, Касатка, Окская, Магева (Власова Е.В., Горбунова Ю.В., 2016).

1.7. Приемы оптимизации производственного процесса сои

Управление агробиоценозом сои с целью получения высоких урожаев предполагает осуществление контроля фитосанитарного состояния посевов, снятие или уменьшение стрессового воздействия абиотических и биотических факторов на растения, стимуляцию ростовых процессов, иммуномодуляцию. (Лысенко Н.Н., Кирсанова Е.В., 2014; Поползухина Н.А., Озякова Е.Н. и др., 2016; Paradiso R., De Micco V., et al., 2017; Зотиков В.И., Сидоренко В.С. и др., 2018).

Одним из резервов повышения семенной продуктивности сои, и в первую очередь показателей качества, является разработка приемов и способов технологии ее возделывания. В настоящее время существует достаточное количество вариантов технологий возделывания сои – от традиционных до инновационных, включающих нулевую (No-Till) или полосовую (Strip-Till) обработку почвы. Однако результаты исследований показывают, что применение нетрадиционных технологий с получением положительных результатов возможно только на высококультуренных почвах (Синеговская В.Т., Гайдученко А.Н. и др., 2013; Каракотов С., 2014; Балакай Г.Т., Докучаева Л.М. и др., 2019; Ефанов П.А., Шабетя О.Н. и др., 2019).

Введение инноваций в элементы технологии возделывания сои определяется, прежде всего, ее сортом, а также обеспеченностью климатическими и почвенными ресурсами. Элементы технологии изменяются также в зависимости от состояния в хозяйствующих субъектах материально-технических и трудовых ресурсов и получения заданной (планируемой) урожайности сои (Гаджиумаров Р.Г., 2016; Гайдученко А.Н., Сюмак А.В. и др., 2017; Бельшкіна М.Е., Старостин И.А. и др., 2020; Ряднов А.И., Чаплыгин М.Е. и др., 2020).

Сою принято считать культурой с поздним сроком посева, при прогревании почвы на глубине заделки семян до 12–14°C. Однако было

доказано, что сортам сои северного экотипа достаточно температуры почвы на уровне 6–7°C, что в условиях Центрального района Нечерноземной зоны соответствует третьей декаде апреля – первой декаде мая. Большее значение для дружного прорастания семян имеет уровень увлажненности почвы, в этот период почва более влажная, чем к середине мая, хотя ее температура и будет выше.

Входы сои способны выдерживать заморозки до –6°C в фазе семядольных листьев. При этом необходимо учитывать реакцию сои на выбор срока посева с учетом метеорологических условий, характера поля, максимально удовлетворяя требования сои к теплу и влаге в период прорастания, вегетации, созревания и уборки (Гатаулина Г.Г., Бельшкіна М.Е., 2012; Гаврилин Д.С., Полевщиков С.И., 2015).

Реакция сои на сроки посева является дифференцированной и существенно зависит от погодных условий, в первую очередь от обеспеченности влагой и прогревания посевного слоя почвы (Шишхаев И.Я., Делаев У.А., 2008; Bastidas A.M., Setiyono T.D., et al., 2008; Зеленцов С.В., 2010; Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., 2010; Баранов В.Ф., Баранова Л.А., 2014; Шукис Е.Р., Мухин В.Н. и др., 2018).

Способность к прорастанию семена приобретают, пройдя послеуборочное дозревание, которое ускоряется, если вегетационный период был сухим и жарким и, наоборот, удлиняется, если семена формировались во влажную и прохладную погоду (Ross A.J., Fehr W.R., et al., 2000; Ren C., Bilyeu K.D., et al., 2009; Нефедьева Е.Э., Белопухов С.Л. и др., 2013; Головина Е.В., 2020).

Посев семян в более поздние сроки, чем принято в определенной агроклиматической зоне, приводит к затягиванию прохождения периодов роста и развития и снижению урожайности. Однако, в некоторых случаях, например, для снижения напряженности полевых работ или попытки избежать определенных стрессовых условий в течение вегетационного

периода, высеv сои в более поздние сроки является оправданным (Наумов А.Ю., Дозоров А.В., 2015).

Одним из важнейших условий при агротехнике сои северного экотипа в условиях Центрального района Нечерноземной зоны является максимальное сокращение вегетационного периода. Этому способствуют ранние сроки посева (сразу после яровых культур), способ посева – для сортов детерминантного типа роста, скороспелых и низкорослых – рядовой, для индетерминантных сортов, высокорослых и менее скороспелых – широкорядный (Board J.E., Harville B.G., 1994; Гуреева Е.В., Храмой В.К., 2009; Делаев У.А., Кобозева Т.П. и др., 2012; Кобозева Т.П., Попова Н.П. и др., 2017).

В агроклиматических условиях Центрального района Нечерноземной зоны было установлено, что стабильно вызревать могут индетерминантные или полудетерминантные сорта, с большей экологической адаптивностью, чем индетерминантные. Регулировать продолжительность вегетационного периода можно при помощи подбора оптимальных сроков посева, плотности ценоза и агротехнических приемов, стимулирующих ускорение созревания (Делаев У.А., Зузиев У.Г., 2011; Wang S., Ma H., et al., 2012; Кобозева Т.П., Попова Н.П., 2016; Попова Н.П., 2016; Фадеева А.Н., Воробьева Л.В. и др., 2018; Minoli S., Rolinski S., et al., 2019).

Исследования с сортами сои северного экотипа, проведенные в Калужском филиале РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева показали, что при более поздних сроках посева происходило сокращение периодов «посев – всходы – от 14 дней при посеве 30 апреля до 10 дней при посеве 15 мая, «всходы – полная спелость» – от 100 до 96 дней, «посев – полная спелость» – от 115 до 106 дней. Накопленная растениями сумма температур уменьшилась за периоды: «посев – всходы» – от 161°С до 117°С, «посев – полная спелость» – от 1895°С до 1808°С. Созревание семян сои при раннем сроке посева наступало на 5–7 дней раньше, чем при позднем, обеспечивая проведение уборочных работ в более благоприятных погодных условиях. При этом,

наибольшая урожайность семян сои была получена при посеве 5 мая и составила 1,63 т/га, при посеве 30 апреля она была на уровне 1,57 т/га, 10 мая – 1,33 т/га, 15 мая – 1,13 т/га (Храмой В.К., Сихарулидзе Т.Д. и др., 2018).

До последнего времени в южной части Центрального района Нечерноземной зоны, а в последние десятилетия и в центральной – практикуются сверххранные посевы сои. Главными преимуществами которых являются более эффективное использование запасов влаги в почве, максимально возможное накопление активных температур за вегетацию, более раннее созревание (в августе), так как уже в сентябре в регионе могут начаться дожди при одновременном снижении температуры, что приводит к затягиванию созревания (Boquet D.J., 1998; Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., 2012; Петренкова В.П., Кучеренко Е.Ю., 2017; Knott C., Herbek J., et al., 2019).

В условиях лесостепной зоны было выявлено, что ранние сроки посева обеспечивают большую продуктивность среднеспелых сортов сои. Было установлено, что в этой зоне сою можно высевать в конце апреля, в годы с затяжной прохладной весной – не позднее первой декады мая. При раннем высеве (до 5 мая) наблюдалась более высокая полевая всхожесть (87–93 %) и выживаемость растений к уборке (84–91 %), формировались самая развитая листовая поверхность (46,9 тыс. м²/га) и наибольшее количество клубеньков на корнях. Было установлено, что без существенного ущерба для урожайности, сою рекомендуется высевать до 10 мая, в дальнейшем задержка сроков сева значительно снижает продуктивность (Кочегура А.В., Зеленцов С.В. и др., 2011; Головина Е.В., Гришечкин В.В., 2014; Гаврилин Д.С., Полевщиков С.И., 2014; Наумов А.Ю., Дозоров А.В., 2015; Абаев А.А., Тедеева А.А. и др., 2016; Каюкова О.В., Елисеева Л.В. и др., 2019).

Для сои, которая является светолюбивой культурой, способ размещения растений в посевах и соответственно площадь питания, играют большую роль. Таким образом, изучение воздействия изменения площади питания на продуктивность разных сортов и форм сои в посевах представляет

большую научно-практическую значимость (Jiang H., Xu Da.Q., 2001; Дозоров А.В., Ермошкин Ю.В., 2012; Лысенко Н.Н., Петрова С.Н. и др., 2017; Жаркова С.В., 2020).

В опытах, проведенных многими исследователями, было установлено, что лучшие условия для максимального использования потенциала сорта, складываются при посеве до 700 тыс./га всхожих семян на гектар. Более высокие нормы высева приводят к снижению индивидуальной продуктивности растений и снижению урожайности с единицы площади. Поэтому рекомендуется высевать сою широкорядным или рядовым способами с нормами высева 500 и 700 тыс. всхожих семян на гектар соответственно (Цехмейструк Н.Г., Шелякин В.А. и др., 2016; Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В. и др., 2018; Ложкин А.Г., Нестерова О.П. и др., 2020; Синеговская В.Т., Левина А.Н., 2020).

Благодаря большей площади листовой поверхности при увеличении нормы высева семян, соя может лучше конкурировать с сорными растениями в посеве. Борьба с сорняками на первых этапах роста и развития растений способствуют снижению их количества в посевах при рядовом способе на 76 % (Гаджиумаров Р.Г., 2019; Зазуля А.Н., Синельников А.А. и др., 2020).

В Калужском филиале РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева изучалось влияние нормы высева на показатели структуры урожая и урожайность сорта сои Магева. Установлено, что оптимальная норма высева на дерново-подзолистой супесчаной почве – 700 тыс. шт./га, а на темно-серой лесной тяжелосуглинистой – 550 тыс. шт./га всхожих семян (Гуреева Е.В., Храмой В.К., 2008; Кобозева Т.П., Попова Н.П. и др., 2017). На основании многолетних исследований было проанализировано влияние температуры воздуха на вегетационный период и продуктивность сои сорта Магева в условиях Калужской области (Сихарулидзе Т.Д., Храмой В.К., 2017; Сиротенко О.Д., Павлова В.Н., 2009). Была выявлена тесная обратная связь между температурой воздуха в мае–июне и продолжительностью периода всходы – начало цветения, а также между температурой воздуха в августе и

продолжительностью периода «цветение – полная спелость», в то же время не было выявлено тесной зависимости между температурой воздуха в период вегетации и урожайностью. Наибольшая урожайность была получена при температуре воздуха, близкой к среднегодовой.

Увеличение продолжительности и интенсивности засух наблюдается с начала 90-х годов. С учетом меняющегося в сторону потепления климата становится все более актуальным изучение засухоустойчивости растений. Потери урожая сои от засухи в условиях Центрального района Нечерноземной зоны достаточно велики. Степень отрицательного воздействия засухи определяется не только ее продолжительностью, но и возрастом и физиологическим состоянием растения. Большую регуляторную роль в жизнедеятельности растений играет их водный статус, оценка которого современными методами, в том числе физиологическими и биохимическими, позволяет выявить его влияние на ростовые, продукционные, адаптационные процессы при взаимодействии «генотип – среда» (Головина Е.В., Зотиков В.И. и др., 2015; Головина Е.В., Зайцев В.Н., 2016).

Устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям должна быть обеспечена перестройкой физиологических и метаболических процессов в растениях, позволяющей снизить потери органических веществ, полученных в результате синтеза и реутилизации. Наиболее высокий уровень устойчивости к засухе, определен у семян, сформировавшихся в засушливых условиях вегетационного периода (Курлович Б.С., Репьев С.И. и др., 1995; Головина Е.В., 2009; Жученко А.А., 2009; Плотников А.А., Демьянова-Рой Г.Б. и др., 2017; Головина Е.В., 2020).

В последние годы большое внимание уделяется созданию биологически активных веществ, способных регулировать обмен веществ, рост и развитие растений, стимулировать иммунную систему и повышать адаптацию к биотическим и абиотическим факторам среды. Многие из них эффективно дополняют приемы возделывания сельскохозяйственных

культур, способствуют мобилизации генетического потенциала растений, обеспечивая повышение их урожайности (Михайлова М.П., Синеговская В.Т., 2018; Kocira S., Koszel M., et al., 2018; Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т., 2019; Синеговская В.Т., Присяжная И.М. и др., 2020).

Интродукция сои в новые регионы включает в том числе и адаптацию растений к местным почвенно-климатическим условиям. Использование в технологии возделывания сои регуляторов роста и микроэлементных комплексов способствует повышению устойчивости культуры, а также стимулирует ее рост и развитие (Сырмолот О.В., Синеговская В.Т., 2014; Тишкова А.Г., Асеева Т.А. и др., 2019; Селицкий С.А., Балакай Г.Т., 2021).

Для успешной интродукции сои в новые районы возделывания необходимо проводить мероприятия, которые способствуют адаптации культуры к местным почвенно-климатическим условиям. Повысить устойчивость культуры к неблагоприятным факторам среды, а также стимулировать рост и развитие растений можно путем использования в технологии возделывания сои биологически активных веществ. Применение регуляторов роста способствует повышению биологической урожайности семян сои, а также качественных характеристик урожая. В последние годы все большее внимание ученых привлекают природные биорегуляторы, применяемые для обработки семян, а также подкормок растений в течение вегетации (Головина Е.В., Зотиков В.И. и др., 2015; Лукьянчук Л.М., Хасбиуллина О.И., 2015; Prochazka P., Stranc P. et al., 2017; Szparaga A., Kocira S., et al., 2018).

В сельскохозяйственном производстве биологические препараты стали широко использоваться сравнительно недавно. Поэтому в поисках повышения семенной продуктивности растений сои стали внедрять применение биологических препаратов, обоснованно предполагая, что они, влияя на обменные процессы в растениях, обеспечат повышение урожайности семян (Разанцев В.И., Иваченко Л.Е. и др., 2016).

В связи с установленным положительным влиянием на продуктивность раннеспелых сортов сои, представляется весьма актуальным дальнейшее изучение действия биологически активных веществ на этот физиологический процесс (Кшникаткина А.Н., Вихрева В.А. и др., 2007; Гарбар Л.А., Радзевелюк А.Н., 2017; Кухарев О.Н., Кшникаткина А.Н., 2017; Васин В.Г., Саниев Р.Н. и др., 2019; Ложкин А.Г., Елисеева Л.В. и др., 2020; Бельшкіна М.Е., 2021).

Помимо влияния регуляторов роста на формирование элементов структуры урожая – увеличение выхода полноценных бобов, массы семян с одного растения и массы 1000 семян, следует также отметить положительное их действие на энергию прорастания семян, массу и длину проростков (Lal R., 2010; Синеговская В.Т., 2013; Головина Е.В., Гришечкин В.В., 2014; Казарина А.В., Гуцалюк М.И. и др., 2016; Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А., 2019; Бельшкіна М.Е., 2020; Бондаренко А.Н., 2020; Шабалкин А.В., Дубинкина Е.А. и др., 2020; Шарипова Г.Ф., Колесар В.А. и др., 2020).

В Институте семеноводства и агротехнологий – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в 2009–2014 гг. были проведены опыты по обработке семян микробиологическими препаратами перед посевом. Испытывался препарат «Нитрагин КМ», произведенный в ООО «НТЦ БИО». В результате применения препарата прибавка урожайности за годы испытаний составила – 0,12–0,28 т/га. В 2013–2014 гг. изучалось влияние биопрепаратов и стимуляторов роста Райкат Старт, Никфан, Фитоспорин. Их применение обеспечило опережающее развитие корневой системы, способствовало повышению всхожести растений на 4–8 %, увеличению массы семян с растения и соответственно – массы 1000 семян (Гуреева Е.В., 2016).

В ФНЦ ЗБК проводили листовую подкормку сои Ультрамагом комби и в сочетании с Биостимом масличным, которая оказала положительное влияние на формирование урожая. Прибавка урожая составила 13,0 и 6,2% соответственно в 2018 г., и 12,6 и 5,4 % – в 2019 г. Двухлетнее испытание совместного применения препаратов показало, что наиболее эффективным, с

точки зрения повышения урожайности зерна сои, оказался вариант с применением двух внекорневых подкормок Ультрамаг комби и Биостим масляный в дозе 0,5 л/га, обеспечивший получение наиболее высокой прибавки урожая по отношению к контролю – 9,40 % (Зотиков В.И., Акулов А.С., 2010; Васильчиков А.Г., 2013).

Во ВНИИ сои изучалось влияние биопрепаратов и гербицида Пульсар на ферментативную активность в листьях, биологическую урожайность и качество семян среднеспелого сорта сои Китросса. Использовали ЭкстраКор, полученный путем переработки лиственницы даурской, и Бетулин – экстракт коры березы. Выявлено, что совместное применение биологически активных веществ привело к снижению влияния неблагоприятных факторов среды и мобилизации защитных механизмов растений, что обеспечило снижение отрицательного воздействия гербицида на растения сои. Биологическая урожайность семян в среднем за два года исследований возросла до 3,08 т/га (Кузин В.Ф., Морозов Н.А. и др., 1975; Синеговская В.Т., 2001; Синеговская В.Т., Душко О.С., 2017; Михайлова М.П., Синеговская В.Т., 2019).

В почвенно-климатических условиях Приамурья проведена оценка эффективности применения современных биопрепаратов на сое. Экспериментально установлена эффективность биостимулятора Атоник Плюс, гумата калия Берес-4 и препарата Феровит, содержащего легкоусвояемые азот и железо, которые усиливают фотосинтетическую деятельность растений, активизируют продукционные процессы и улучшают семенную продуктивность культур. Отмечено повышение полевой устойчивости растений к фитопатогенам при применении биофунгицидов Альбит, ЭкоЛарикс, Лариксин, Феровит (Головина Е.В., Сулимов В.В. и др., 2008; Лукьянчук Л.М., Хасбиуллина О.И., 2016; Рафальский С.В., Рафальская Н.Б. и др., 2016).

В условиях Центрального региона на посевах сои сортов Касатка и Малета, была изучена хозяйственная эффективность применения регуляторов роста Мивал-Агро, Силиплант, Эпин и Циркон. Все изучаемые препараты

стимулировали образование бобов, формирование семян и увеличение их массы на одно растение. Наибольшее количество бобов и их выполненность на одном растении были зафиксированы при использовании Силипланта, увеличивалась и масса 1000 семян. Наибольшая урожайность в среднем за два года была отмечена у сорта Касатка. Прибавка в результате применения препаратов на этом сорте составила 0,24–1,05 т/га. Урожайность Малеты увеличивалась только в варианте с препаратом Мивал-Агро – на 0,35 т/га (Павлютина И.П., Моисеенко И.Я. и др., 2005; Буханова Л.А., Заренкова Н.В., 2014).

В условиях Центрального района Нечерноземной зоны большую актуальность приобретает пинцировка (удаление верхушки молодого побега) посевов сои в фазу начала образования бобов. Благодаря применению этого агротехнического приема можно сократить вегетационный период на две недели, что является весьма важным при возделывании культуры в Нечерноземной зоне. Прием особенно рекомендуется при выращивании индетерминантных сортов и в годы с избыточным количеством осадков при дефиците тепла (Давыденко О.Г., 2004; Кобозева Т.П., Делаев У.А. и др., 2015; Кобозева Т.П., Попова Н.П. и др., 2020).

Применение пинцировки в условиях Центрального района Нечерноземной зоны, где вегетационный период индетерминантных сортов сои может достигать 140 дней, позволяет значительно сократить вегетационный период и провести уборку в более ранние сроки, при этом происходит стимуляция развития боковых побегов и повышается потенциальная продуктивность. Недостатком приема является уменьшение высоты прикрепления нижнего боба, так как уменьшается высота главного побега. Пинцировка посевов, как агротехнологический прием, рекомендуется в годы с избытком влаги и при дефиците тепла.

По данным исследований, выполненных в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в разные годы и в разных агрометеорологических условиях вегетационного периода, пинцировка посевов способствовала сокращению

вегетационного периода на 6–15 дней, при этом высота растений снижалась в 1,1–1,5 раза (Кобозева Т.П., Попова Н.П. и др., 2020). Наряду с высотой растений уменьшалась и высота прикрепления нижнего боба – без пинцировки она составляла 16,8 см, то при ее применении она значительно сокращалась. При этом была выявлена следующая закономерность – чем в более раннюю фазу производится пинцировка, тем значительнее уменьшение высоты растений сои и прикрепления нижнего боба. Наименьшая высота прикрепления нижнего боба была при проведении агротехнического мероприятия в начале цветения культуры и составила 8,4 см.

Заключение по главе 1

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.

Произошедшие климатические изменения будут в дальнейшем способствовать расширению ассортимента раннеспелых сортов сои, в том числе и индетерминантного типа роста, для возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны, обеспечивающих максимальное использование агроклиматического потенциала региона, обусловленного локальным изменением климата.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почвенно-климатические условия проведения исследований

Исследования по агроэкологическому испытанию раннеспелых сортов сои проводились в 2008–2020 гг. на экспериментальной базе учебно-научных подразделений Федерального государственного бюджетного 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.

Климат Московской области умеренно континентальный. Самым холодным месяцем является январь, средняя температура в этот период составляет -11°C . Наиболее жаркий месяц – июль – со средней температурой $+18^{\circ}\text{C}$. Годовой приход суммарной солнечной радиации составляет примерно 87 ккал/см^2 , в виде рассеянной солнечной радиации – 41 ккал/см^2 . Продолжительность светового дня летом составляет 15–17 часов. Переход среднесуточной температуры через 0°C происходит в марте. Заморозковый период фиксируется с конца сентября и до середины мая. Период года с положительными температурами имеет продолжительность в среднем 206–216 дней, при этом продолжительность безморозного периода составляет 120–140 дней. Период активной вегетации растений при температуре выше 10°C составляет 138–140 дней. Период с устойчивыми температурами воздуха ниже 0°C наступает в конце ноября и продолжается 120–135 дней.

Московская область относится к зоне достаточного увлажнения. Экспериментальный участок расположен в центральной части Среднерусской равнины. Среднегодовая сумма осадков составляет 550–660 мм, из них около 300 мм осадков выпадает в июле, августе и октябре.

Устойчивый снежный покров фиксируется к концу ноября. К концу зимы высота снежного покрова достигает 25–50 см. Глубина промерзания почвы составляет в среднем 65–75 см. Снег окончательно сходит к середине апреля, почва полностью оттаивает в третьей декаде апреля.

Эксперименты в Московской области проводились на научно-экспериментальной базе Полевой опытной станции ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». Почва участка дерново-подзолистая, по гранулометрическому составу средний пылеватый суглинок; глубина пахотного слоя 22–25 см; рН солевой вытяжки 5,6–5,8; содержание гумуса по методу Тюрина (ГОСТ 26213) – 2,5 %. В пахотном слое подвижного фосфора по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011) содержится 165–170 мг/кг и обменного калия по Масловой (ГОСТ 26210) – 90–95 мг/кг.

Климат Рязанской области умеренно континентальный, характеризуется теплым летом, умеренно-холодной зимой с устойчивым снежным покровом и хорошо выраженными переходными сезонами года – весной и осенью. Опытный участок расположен в лесостепной агроклиматической зоне. Среднесуточная температура устойчиво переходит через 0°C первой декаде апреля, в этот же период начинается активное весеннее снеготаяние. Температура самого жаркого месяца – июля – колеблется от 18,5 до 19,5°C. Продолжительность светового дня летом составляет 16–17 ч. Период года с положительными температурами имеет продолжительность в среднем 210–218 дней, при этом продолжительность безморозного периода составляет 170–180 дней. Рязанская область относится к зоне неустойчивого увлажнения. Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет около 500–575 мм.

Эксперименты в Рязанской области проводились на научно-экспериментальной базе Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», расположенного в Рязанском районе, с. Подвязье. По среднемноголетним

данным, сумма среднесуточных температур за период активной вегетации растений составляет 2150–2200°C, а ГТК = 1,2–1,3. Почва участка темно-серая лесная, тяжелосуглинистая. Реакция почвенного раствора рН_{сол}. (ГОСТ 26483) – 5,2, содержание гумуса по методу Тюринга (ГОСТ 26213) – 5,8 %. Содержание подвижного фосфора по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011) – 191,4 мг/кг, содержание обменного калия по Масловой (ГОСТ 26210) – 108,5 мг/кг, азота нитратного – 8,4 мг/кг (ГОСТ 26951-86), азота аммонийного – 1,57 мг/кг почвы (ГОСТ 26489-85).

2.2. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований

Метеорологические условия вегетационного периода в 2008–2020 гг. имели существенные различия по температурному и влажностному режимам между собой и в сравнении со среднемноголетними значениями (таблица 2, рисунки 13–16, приложения А, В, Д). За 13 лет наблюдений температурные значения превышали среднемноголетние в среднем на 2–6°C, что свидетельствует о постепенном потеплении климата в регионе. Наступление жаркой погоды выпадало в 80 % лет исследований на вторую половину июня – первую половину июля. В этот период растения сои переходят к фазам генеративного развития – бутонизации – началу цветения.

Экстремально жарким и засушливым в Центральном районе Нечерноземной зоны был 2010 г., когда среднесуточная температура превышала среднемноголетние значения на 5–8°C в течение всего вегетационного периода. В Москве и области, помимо 2010 г., достаточно засушливыми были 2011, 2018, 2019 гг., ГТК в эти годы составил 0,72–0,95. В Рязанской области засушливые условия были в 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, 2018 и 2019 гг., значение ГТК в эти годы варьировало от 0,31 до 0,89.

Таблица 2 – Отклонения ГТК от среднеголетних значений по годам исследований в регионах

Годы исследований	Московская область	Отклонение от среднеголетней, +/-	Рязанская область	Отклонение от среднеголетней, +/-
2008	1,96	+0,43	1,53	+0,46
2009	1,49	-0,04	0,66	-0,41
2010	0,84	-0,69	0,55	-0,52
2011	0,95	-0,58	0,31	-0,76
2012	1,40	-0,13	0,83	-0,24
2013	1,68	-0,15	0,82	-0,25
2014	1,32	-0,21	0,89	-0,18
2015	1,44	-0,09	1,34	+0,27
2016	1,80	+0,27	1,16	+0,09
2017	1,77	+0,24	1,01	-0,06
2018	0,72	-0,81	0,50	-0,57
2019	0,92	-0,61	0,67	-0,40
2020	2,83	+1,30	1,50	+0,23
В среднем	1,47	-	0,91	-

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), годы с наиболее часто фиксируемыми условиями влагообеспеченности за годы исследований, достаточно близкие к оптимальным (ГТК 0,7–1,4) и годы с условиями избыточной влагообеспеченности (ГТК > 1,4) (таблица 3).

Таблица 3 – Условия влагообеспеченности вегетационного периода в годы проведения исследований

Условия влагообеспеченности вегетационного периода (ГТК Селянинова)	Годы
Засушливые (ГТК < 0,7)	2009, 2010, 2011, 2018, 2019
Близкие к оптимальным (ГТК 0,7–1,4)	2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017
Избыточной влагообеспеченности (ГТК > 1,4)	2008, 2020

Показатель суммы активных температур значительно варьировал по годам и различался по регионам возделывания. В среднем за годы исследований $\sum T_{акт.}$ в Московской области составила 2127°C. Минимальное значение этого показателя было зафиксировано в 2017 г. и составило 1797°C, максимальное – в 2010 г. и составило 2534°C. В Рязанской области среднее значение $\sum T_{акт.}$ было 2447°C. Минимальное значение было зафиксировано в 2008 г. и составило 1824°C, максимальное – в 2010 г. и составило 2919°C (рисунки 13–14, приложение Д).

Избыточное увлажнение было отмечено в Московской области в 2008, 2013, 2015, 2016, 2017 и 2020 гг., этот период выпадал на июнь, и большей частью на июль. И только в 2020 г. этот период продлился с мая по июль, ГТК при этом составил 2,7 (рисунок 15). В Рязанской области избыточное увлажнение по месяцам вегетации наблюдалось значительно реже. В 2008 г. значительное количество осадков выпало в июне–июле, а в 2020 г. – с мая по июль (рисунок 16).

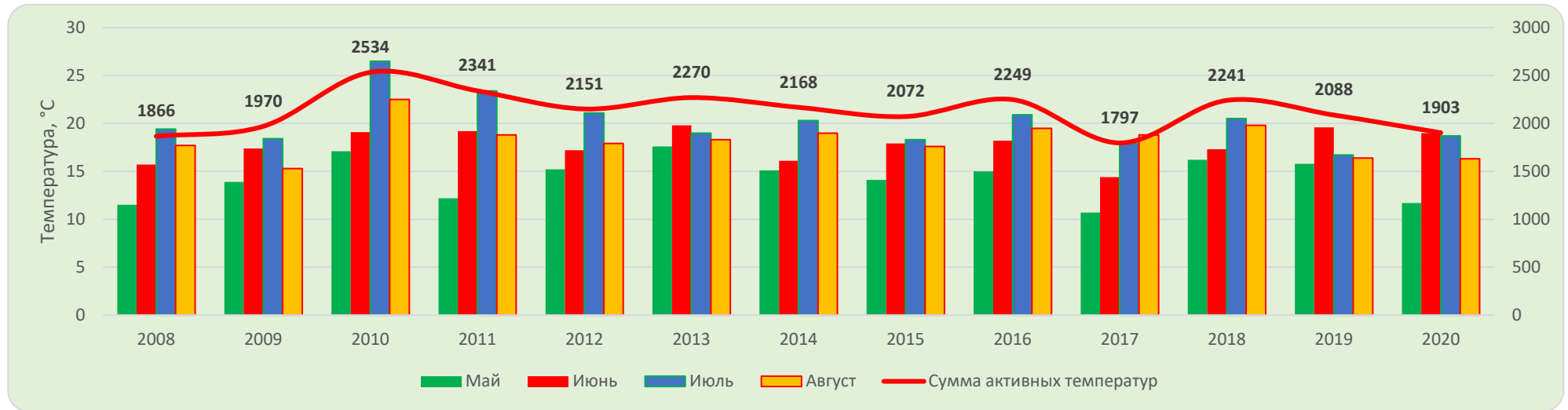


Рисунок 13 – Среднемесячные температуры воздуха и суммы активных температур в Московской области за вегетационный период 2008–2020 гг.

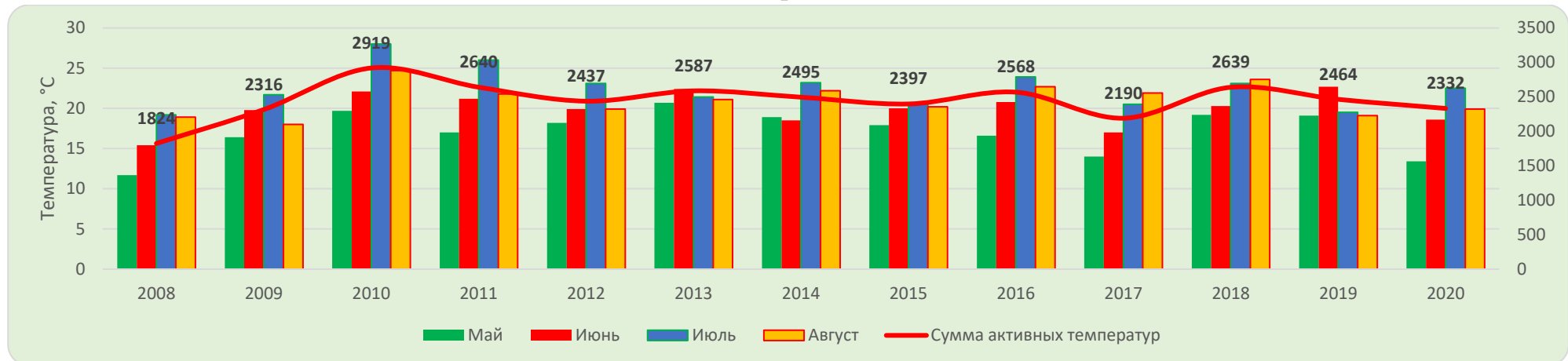


Рисунок 14 – Среднемесячные температуры воздуха и суммы активных температур в Рязанской области за вегетационный период 2008–2020 гг.

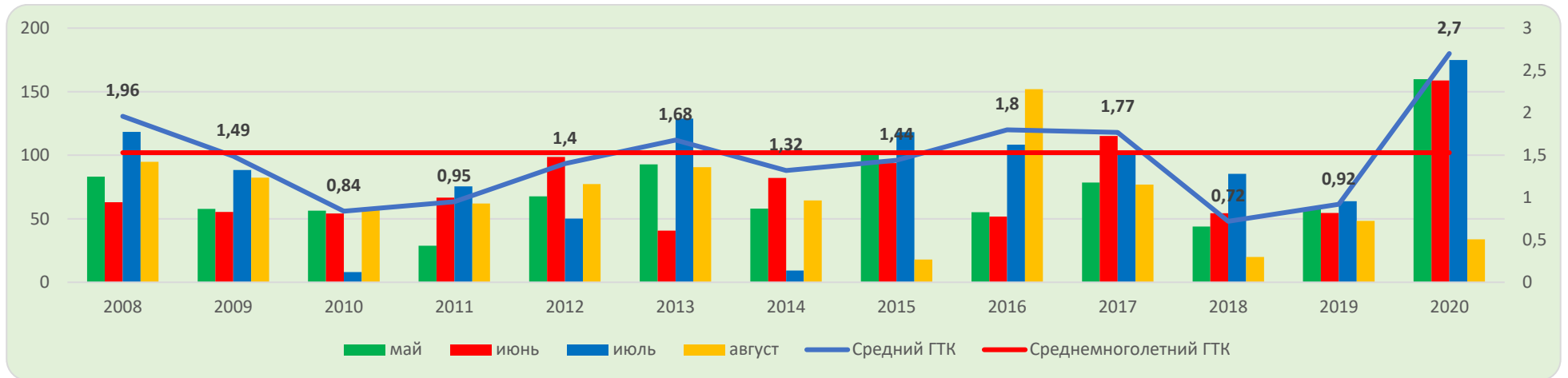


Рисунок 15 – Суммы осадков по месяцам и ГТК в Московской области за вегетационный период 2008–2020 гг.

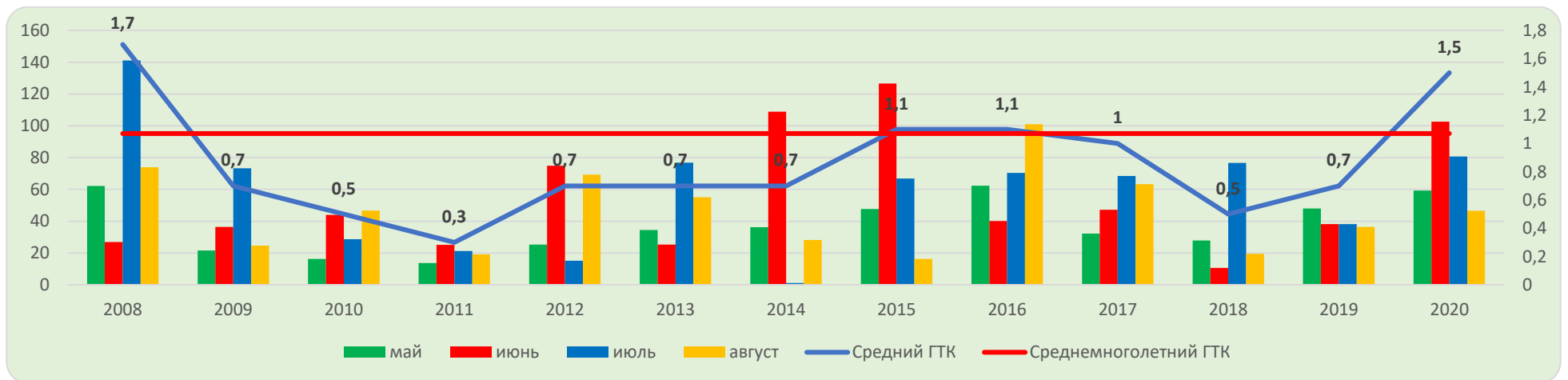


Рисунок 16 – Суммы осадков по месяцам и ГТК в Рязанской области за вегетационный период 2008–2020 гг.

Значительные отличия были отмечены и между регионами, в которых проводились исследования (таблица 4). Так в Рязанской области в 62 % лет исследований наблюдался дефицит осадков, в 30 % лет – достаточное их количество и лишь в 8 % лет – избыточное. В Московской области годы с дефицитом осадков, достаточным их количеством и с избыточным увлажнением распределились примерно в равном количестве – по 1/3 на каждые.

Таблица 4 – Количество вегетационных периодов в %-ном отношении по годам исследований по температурно-влажностному режиму в каждом регионе

Регионы проведения исследований	ГТК			$\sum T \geq 10^{\circ}\text{C}$		
	< 1	1–1,5	> 1,5	< 2000	2000–2500	> 2500
Московская область	31	31	38	30	62	8
Рязанская область	62	30	8	8	54	38

В обоих регионах проведения исследований было зафиксировано преобладание лет с суммами активных температур за вегетацию в интервале от 2000 до 2500 $^{\circ}\text{C}$. В Рязанской области эти значения были зафиксированы в 62 % лет, в Московской области – в 54 %. Помимо этого, в Рязанской области более 1/3 лет исследований пришлось на засушливые условия с суммами активных температур за вегетацию более 2500 $^{\circ}\text{C}$. В Московской области же, наоборот, в почти 1/3 лет исследований фиксировались суммы активных температур воздуха за вегетацию ниже 2000 $^{\circ}\text{C}$.

Условия избыточного увлажнения в течение вегетационного периода встречались значительно чаще в Московской области, чем в Рязанской области. В 2010 г. повышенные температуры воздуха и засуха наблюдались

на всей территории Центрального района Нечерноземной зоны – этот год являлся экстремальным по значениям среднесуточных температур и минимальному количеству выпавших осадков. Наступление жаркой и засушливой погоды пришлось на середину июня совпало у сои с фазой R1 – начало цветения.

2.3. Схемы опытов

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. Агрэкологическое 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:

A₁ – 1–5 мая; A₂ – 6–10 мая; A₃ – 11–15 мая; A₄ – 16–20 мая; A₅ – 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; А₃ – Циркон, Р; А₄ – Силиплант, Р; А₅ – Флоравит, ВР.

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°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.

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 $1,2 \cdot 10^{-4}$ г д.в./л и $1,4 \cdot 10^{-4}$ 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:

V_1 – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см; V_2 – широкорядный с шириной междурядий 45 см.

Фактор С – густота стояния всходов:

S_1 – при обычном рядовом способе посева с шириной междурядий 15 см – 400, 600 и 800 тыс. растений на га; S_2 – 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 трехфакторный. Фактор А – сроки проведения пинцировки:

A_1 – R1 (начало цветения); A_2 – R2 (полное цветение); A_3 – 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). Агротехника в опытах была общепринятая для Центрального района Нечерноземной зоны (Алиева А.А., 2016; Кобозева Т.П., Шевченко В.А. и др., 2016).

В Московской области опыты проводились в девятипольном зернопропашном севообороте, предшественником являлась кормовая свекла. Технология включала в себя основную обработку почвы – вспашку осенью на глубину 20–22 см с оборотом пласта (John Deere 6920 + Cayros XM). Предпосевная обработка представляла собой предпосевную культивацию на глубину 10–12 см (John Deere 6920 + Amazone KE 303) и выравнивание поверхности поля (ДТ-75 + РВК-3). Посев производился в определенные сроки и при достижении оптимальной температуры прогревания почвы (МТЗ-82 + СН-16) с последующим прикатыванием посевов (МТЗ-82 + ЗКК-6А). Для борьбы с сорняками проводили довсходовое боронование поперек рядков для уничтожения сорняков в фазе белой ниточки. В дальнейшем – в фазу 1–3 тройчатых листьев сои проводили обработку посевов препаратом Базагран, ВР с нормой расхода 2,5 л/га. При широкорядном способе посева

проводили рыхление междурядий культиватором КРН-4,2 с целью борьбы с сорняками и обеспечения аэрации корнеобитаемого слоя. Механизированную уборку сои осуществляли при достижении полной спелости и сбрасывания листьев зерноуборочным комбайном Sampro.

В Рязанской области опыты проводились в четырехпольном зерновом севообороте, предшественником являлся черный пар. Агротехника в опыте применялась адаптированная к почвенным условиям агроландшафта в соответствии с разработанным регистром технологий для Рязанской области (2007). Технология включала в себя основную обработку почвы – вспашку осенью на глубину 20–22 см с оборотом пласта (ДТ-75М + ПН-4-35). Предпосевная обработка представляла собой предпосевную культивацию (МТЗ-82 + КПС-4) и выравнивание поверхности поля (ДТ-75 + РВК-3). Посев производился в определенные сроки и при достижении оптимальной температуры прогревания почвы (МТЗ-82 + СЗУ-3,6) с последующим прикатыванием посевов (МТЗ-82 + ЗКК-6А). Для борьбы с сорняками под предпосевную культивацию применяли почвенный гербицид Дуал Голд, КЭ. Механизированную уборку сои осуществляли при достижении полной спелости и сбрасывания листьев зерноуборочным комбайном Sampro.

Семена сои в день посева обрабатывались препаратом Ризоторфин, созданным на основе клубеньковых бактерий *Rhizobium sp.* и содержащим штамм ризобий 643б из расчета 400 г на гектарную норму.

2.4. Методика проведения исследований

Закладка полевых опытов, выполнение биометрических исследований, учетов и обработка полученных данных выполнялись в соответствии с требованиями методики полевого опыта (Доспехов, 1989) и методов исследований в полевых опытах с соей (Посыпанов Г.С., 1991; Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т. и др., 2016).

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.

Суммы активных температур рассчитывались как суммы среднесуточных температур воздуха выше биологического минимума развития культуры, который принят равным 10°C:

$$\sum T_{акт.} = \sum T_{среднесут.} \geq 10^{\circ}C$$

Гидротермический коэффициент рассчитывался по формуле:

$$ГТК = \sum p / 0,1 \sum T_{акт.},$$

где $\sum p$ – сумма осадков за период вегетации, $\sum T_{акт.}$ – сумма активных температур за период вегетации.

По шкале $ГТК = 1,0$ соответствует равенству прихода и расхода влаги; выше 1,5 – избытку увлажнения; ниже 1,0 – разной степени дефициту влаги.

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 (Egli D.V., 2010). 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 °С (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). Жирно-кислотный 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.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ И ОБОСНОВАНИЕ СМЕЩЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

3.1. Трансформация климата Центрального района Нечерноземной зоны в условиях глобального потепления

Климат является важнейшим фактором, под воздействием которого формируются биосистемы на планете. В связи со значительными изменениями, происходящими в климатической системе за последние полвека, вызванными естественными природными процессам, а также антропогенным воздействием всех видов производств, особую актуальность обретает оценка их воздействия на трансформацию экосистем и отдельные сельскохозяйственные культуры (Суховеева О.Э., 2016; Burchfield E., Matthews-Pennanen N., et al., 2020).

В апреле 2021 г., в ежегодном Послании к Федеральному собранию, Президент Российской Федерации одним из ключевых геополитических вызовов обозначил изменение климата, подчеркнув, что необходимо ответить на эти вызовы и адаптировать к ним сферы экономики и прежде всего – сельское хозяйство.

За последнее десятилетие увеличилась продолжительность беззаморозкового периода, переход через 0°C в сторону повышения температур наступает раньше, а в сторону понижения – позже нормы. При этом значительно расширились границы беззаморозкового периода, и во многих зонах теперь этот период не пересекается с границами вегетационного периода, что позволяет расширить ареал возделывания теплолюбивых сельскохозяйственных культур или сортов этих культур в новые для них регионы. Так, продолжительность беззаморозкового периода увеличилась в среднем на 5–7 дней в начале и на 10–15 дней в конце. Эти

изменения будут в дальнейшем способствовать оптимизации весенне-осенних полевых работ, уменьшению потерь от невызревания урожая теплолюбивых культур и в целом оптимизации использования сельскохозяйственных угодий (Павлова В.Н., 2013).

Как известно, одним из резервов стабильного производства сельскохозяйственной продукции является рациональное использование агроклиматических ресурсов региона и идентификация степени устойчивости возделываемых культур к изменениям внешней среды. Под агроклиматическими ресурсами понимают почвенно-климатические и погодные условия той или иной территории, позволяющие обеспечить получение определенного количества сельскохозяйственной продукции. Основными составляющими структурами климата являются солнечная радиация, тепло, влага, их уровень и динамика (Асеева Т.А., 2008; Mistry M.N., De Cian E., et al., 2012).

До середины прошлого века в земледелии наблюдалась четко выраженная зональность, которая характеризовалась пространственно-временной изменчивостью природно-климатических условий. В результате глобального изменения климата часто образуются мощные циклоны и антициклоны, на границах их столкновений и перемещений возникают аномальные атмосферные возмущения. При этом границы пространственной изменчивости погоды сужаются до 50–100 км, а это требует частой адаптации ведения агропроизводства к условиям климата (Ондон К., 2016).

Исследованием проблемы глобального потепления занимается созданная в 1988 г. Всемирной метеорологической организацией и ЮНЕП Межправительственная группа экспертов по изменению климата – МГЭИК (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change), которая разрабатывает возможные сценарии изменения климата Земли и является ведущим международным органом по оценке изменения климата. В 2013 г. экспертами группы был подготовлен V Оценочный доклад, в котором представлены четыре сценария потепления климата (Стоккер Т.Ф., Цинь Д. и др., 2013;

Lybbert T.J., Smith A., et al., 2014; Schauburger B., Gornott C., et al., 2017) (таблица 5).

Таблица 5 – Сценарии изменения температуры земли по V Оценочному докладу МГЭИК (Стоккер Т.Ф., Цинь Д. и др., 2013)

Сценарий	Концентрация парниковых газов в атмосфере к 2100 г., %	Пик выбросов парниковых газов, год	Параметры роста температур, °С			
			на 2046–2065 гг.		на 2081–2100 гг.	
			среднее значение	диапазон	среднее значение	диапазон
RCP 2.6	0,421	2010–2020	1,0	0,4–1,6	1,0	0,3–1,7
RCP 4.5	0,538	2040	1,4	0,9–2,0	1,8	1,1–2,6
RCP 6.0	0,670	2080	1,3	0,8–1,8	2,2	1,4–3,1
RCP 8.5	0,936	После 2100	2,0	1,4–2,6	3,7	2,6–4,8

В докладе отмечается, что процесс потепления климата был запущен в XX веке и продолжается в настоящее время. Наряду с потеплением происходит процесс увеличения количества выпадающих атмосферных осадков, при этом возросла интенсивность и повторяемость засух. По расчетам, сделанным в 2013 г., за ближайшие 100 лет рост глобальной температуры составит 1,5–5,6°С, уровень Мирового океана может подняться еще на 0,5 м.

По прогнозам экспертов, в нашей стране к середине XXI века следует ожидать повышение среднегодовой температуры воздуха на 3–4°С в Западной Сибири, на 2–3°С вдоль всего арктического побережья и на 1–2°С на Дальнем Востоке (Залиханов М.Ч., 2004). На Европейской территории России за период 1901–2012 гг. рост среднегодовой температуры составил от 1 до 2,5°С, наибольшая величина потепления отмечена в ее средних широтах (Израэль Ю.А., Гроза Г.В., 2009; Акатов П.В., 2016).

Значительное преобразование температурного и влажностного

режимов способствует смещению границ природных зон и обуславливает пространственно-временную динамику биосистем и биоразнообразия в целом. Детальное изучение этих процессов имеет большое теоретическое и практическое значение. Особенно важную роль играет оценка возможных изменений климата и готовность к ним сельскохозяйственного производства Российской Федерации, причем данное воздействие может быть неоднозначным (Григорьева Е.А., Нотов А.А., 2018).

В нашей стране одним из основных критических погодных факторов при возделывании сельскохозяйственных культур является недостаток тепловых ресурсов, недостаточную влагообеспеченность можно скомпенсировать при помощи использования систем орошения. Поэтому теплолюбивые культуры можно выращивать только в определенных климатических зонах или в защищенном грунте, что не всегда является экономически целесообразным (Ахмедов А.Д., Якунин Д.А., 2011; Михилев А.В., 2018).

Изменение климатических условий будет связано не только с благоприятными факторами, как увеличение продолжительности вегетационного периода и возможности продвижения в более северные регионы страны теплолюбивых сельскохозяйственных культур. В южных регионах Российской Федерации будет происходить дальнейшая аридизация агроклиматических условий, которая будет приводить к деградации сельскохозяйственных угодий и потерям урожая. Помимо засух, могут происходить противоположные природные явления – наводнения, приводящие к опасному переувлажнению почвы. Таким образом, будет требоваться адаптация существующих технологий под новые агроклиматические условия (Cahill K.N., Lobell D.B., et al., 2007; Булгаков Д.С., Рухович Д.И. и др., 2018).

Учеными был сделан прогноз погоды для России до 2070-х гг. и оценка влияния изменения климата на производство сельскохозяйственной продукции. Прогнозируется повышение среднегодовых температур на 1,8–

2,8°C. в 2020-хх гг., а к 2070-м гг. средняя температура вырастет уже на 4–6°C, в основном за счет потепления на севере Нечерноземной зоны РФ, в южных областях средняя температура вегетационного периода возрастет не более, чем на 1°C, при этом северные зимы станут более влажными, а на юге будут чаще встречаться засухи (Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. и др., 2007; Жемухов Р.Ш., Машукова Ф.Э., 2016).

В ежегодном докладе Росгидромета (2021), основанном на апробированных многолетних рядах данных государственной наблюдательной сети, собранных и обработанных в соответствии с утвержденными методиками анализа климатических данных, приводится ряд выявленных тенденций изменения климатических условий. В температурном режиме Центрального района Нечерноземной зоны за последние полвека также происходит потепление. За период с 1976 по 2020 гг. повышение средней температуры составляет 0,51°C в среднем за десятилетие. Отмечается, что на юге территории в летний период на фоне быстрого роста средних температур сокращается влагообеспеченность, возрастает риск засухи.

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 (Гуреева Е.В., 2021).

Земледелие Нечерноземной зоны испытывает в первую очередь дефицит тепловых ресурсов, поэтому преимущественное распространение здесь получили сельскохозяйственные растения умеренного пояса (таблица б).

Таблица 6 – Агроклиматические условия субъектов Центрального экономического района Нечерноземной зоны Российской Федерации (Шевченко В.А., Соловьев А.М. и др., 2020)

Экономический район	Субъект РФ	Потенциальная урожайность сельскохозяйственных культур, т/га
Центральный	Брянская область	2,31–2,64
	Владимирская область	2,10–2,38
	Ивановская область	2,09–2,20
	Калужская область	2,39–2,62
	Костромская область	1,60–2,40
	Московская область	2,13–2,46
	Орловская область	2,18–2,55
	Рязанская область	2,03–2,23
	Смоленская область	2,00–2,38
	Тверская область	2,12–2,24
	Тульская область	2,13–2,39
	Ярославская область	1,97–2,15

В основе размещения полевых культур по регионам Российской Федерации лежат их требования к основным факторам среды обитания. По общей требовательности к факторам среды – свету и теплу все возделываемые культуры делят на два климато-экологических типа: умеренного и тропического поясов. К первой категории относятся растения, которым требуется ярко выраженная смена теплого и холодного сезонов года, при прохождении ранних фаз своего развития им требуется пониженные температуры воздуха, поэтому эти культуры обладают высокой холодостойкостью и являются растениями длинного дня, поэтому ускоряют

свое развитие при продвижении к северу, некоторые из них слабо реагируют на длину дня. Из числа зерновых бобовых культур, к этой категории относятся горох, чечевица, чина, вика, кормовые бобы, люпин (Шевченко В.А., Матюк Н.С. и др., 2020).

Растения тропического пояса сформировались в условиях мало изменяющегося температурного режима в течение всего периода вегетации, все фазы их развития проходят при достаточно высоких положительных температурах (20–30°C), поэтому они плохо переносят пониженные температуры, особенно заморозки. Растения этого типа ускоряют свое развитие при продвижении в южные широты и относятся к короткодневным или нейтральным формам. К этой группе растений относится соя.

По прогнозам метеорологов, глобальное потепление продолжится в ближайшие десятилетия, на его интенсивность непосредственно влияние будет оказывать интенсивность выброса углекислого газа в атмосферу. При этом установлено, что сам по себе углекислый газ может оказывать ростостимулирующее действие и способствовать более интенсивному нарастанию вегетативной массы растений, что, в свою очередь, приведет к уменьшению транспирации воды растениями и ускорению интенсивности глобального потепления (Haskett J.D., Pachepsky Y.A., et al., 2000; Иванов А.Л., 2009; Акатов П.В., 2016; Sun Q., Miao C., et al., 2019).

Значительные изменения происходят и структуре атмосферной циркуляции. Ослабляется западно-восточное направление переноса воздушных масс, которое приводит к ослаблению циклонической активности и подвижности воздушных масс и в последствии к возникновению блокирующих ситуаций в атмосфере, которые приводят к долговременным периодам жаркой и сухой погоды (Акатов П.В., 2016).

По данным ученых-климатологов (Корнышев Д.С., 2015), к концу XXI в. возможно смещение природных зон по крайнему сценарию на 600–1000 км, а по умеренному – на 200–350 км. При этом возрастет вероятность природных стихийных бедствий – паводков и лесных пожаров. По

прогнозам, к середине 2020-х гг. территория Московской области должна стать благоприятной для выращивания таких теплолюбивых культур как кукуруза на зерно, подсолнечник и других, в том числе – расширятся возможности производства сои в регионе.

В областях, расположенных на юге Европейской территории Российской Федерации, в Нижнем и Среднем Поволжье, а также в регионах Центрального Черноземья может возрасти частота возникновения засух (Якунин Д.А., Мусаелян С.М., 2011). Из-за изменения гидротермического режима территорий снизится уровень плодородия почвы и получат развитие эрозионные процессы. Изменение климата в этих регионах будет способствовать уменьшению площадей богарного земледелия и росту количества сельскохозяйственных угодий на орошении (Корсак В.В., Кравчук А.В. и др., 2018). Более раннее наступление климатической весны со сменой волн тепла и холода может повлечь за собой повреждение всходов сельскохозяйственных культур.

Изменения в климате приведут в последствии к увеличению площадей сельскохозяйственных земель за счет смещения природно-климатических зон в северном направлении, в частности – в центральные и северные районы Нечерноземной зоны, эти процессы повлекут за собой рост продолжительности вегетационного периода, рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур и повышение их урожайности в северных областях (Краснощеков В.Н., Ольгаренко Д.Г. и др., 2017).

3.2. Агроклиматическая характеристика регионов Центрального района Нечерноземной зоны

Нечерноземный регион – один из главных экономически значимых районов Европейской территории России. В соответствии с Общероссийским классификатором (2000), в состав Нечерноземья входят четыре экономических района: Северный, Северо-Западный, Центральный и Волго-

Вятский. Центральный экономический район Нечерноземной зоны Российской Федерации включает Брянскую, Владимирскую, Ивановскую, Калужскую, Костромскую, Московскую, Орловскую, Рязанскую, Смоленскую, Тверскую, Тульскую, Ярославскую области и Москву.

В результате изучения массива данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ) (2021) среднемесячных температур и осадков, сумм активных температур и ГТК с 1981 по 2020 гг. (приложение Ж), Центральный экономический регион Нечерноземной зоны РФ для удобства анализа и в соответствии с поставленными задачами, автором был условно разделен на 3 агроклиматические подзоны: северную, центральную и южную (рисунок 17, таблица 7). 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.



Рисунок 17 – Агроклиматические подзоны Центрального района Нечерноземной зоны

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 7 – Характеристика агроклиматических подзон Центрального региона 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 (приложение Е). 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.

Были проанализированы агроклиматические условия в регионах Центрального района Нечерноземной зоны с 1981 по 2010 гг. и отдельно за последнее десятилетие. Был отмечен повсеместный рост сумм активных температур при снижении ГТК за вегетацию (таблица 8, приложения Ж, З).

Таблица 8 – Усредненные значения сумм активных температур и ГТК по агроклиматическим подзонам за период с 1981 по 2010 гг. и с 2011 по 2020 гг.

Агроклиматическая подзона	$\sum T \geq 10^\circ\text{C}$		ГТК за вегетационный период	
	1981–2010 гг.	2011–2020 гг.	1981–2010 гг.	2011–2020 гг.
Северная	1850	1965	1,6	1,4
Центральная	1890	2020	1,5	1,4
Южная	2000	2250	1,3	1,0

Значения сумм активных температур за вегетацию возросли во всех агроклиматических подзонах, но наиболее значительным рост был в южном и составил в среднем по входящим в него регионам 250°C – поднявшись с 2000°C до 2250°C . При этом есть регионы-лидеры по росту температур за вегетацию. Так, в Рязанской области значения суммы активных температур возросли за 40-летний период на 495°C и составляют в настоящее время 2475°C , в 2010 засушливом году значение суммы активных температур за вегетацию в регионе составило 2919°C .

В северной агроклиматической подзоне значения сумм активных температур возросли в среднем по регионам на 115°C – с 1850°C за период 1981–2010 до 1965°C за период 2011–2020 $^{\circ}\text{C}$. Наибольший прирост – на 181°C – был отмечен в Тверской области. В центральной агроклиматической подзоне рост сумм активных температур составил 130°C – с 1890°C до 2020°C . Наибольший прирост был зафиксирован в Московской области и составил 213°C – с 1915°C до 2128°C , при этом отмечались годы со значительным превышением среднего показателя сумм активных температур – на 200 – 400°C за вегетацию (приложение А).

Значение ГТК за вегетацию практически повсеместно снизилось в среднем на $0,1$ – $0,3$ пункта. Наибольшее снижение было зафиксировано в южной агроклиматической подзоне Центрального района Нечерноземной зоны – на $0,3$ пункта, в центральной и северной – значения составили $0,1$ – $0,2$. Таким образом, подтверждается гипотеза о постепенной аридизации климата и об учащении вероятности возникновения засух.

Наряду с ростом сумм активных температур и снижением количества выпавших осадков, было выявлено повсеместное увеличение на 3 – 4°C значений среднемесячных температур (таблица 9, рисунок 18). Особо следует отметить, что наиболее значительно среднемесячные температуры во всех агроклиматических подзонах возросли в мае и августе: в северной агроклиматической подзоне – на $0,9^{\circ}\text{C}$ и $1,2^{\circ}\text{C}$, в центральной – $1,8^{\circ}\text{C}$ и $1,4^{\circ}\text{C}$ и в южной – на $2,0^{\circ}\text{C}$ и $2,3^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Таблица 9 – Изменение средних температур по месяцам в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны за период с 1981 по 2020 гг.

Температура, °С				$\Sigma T_{\text{акт.}}$ °С	Осадки, мм				ГТК
май	июнь	июль	август		май	июнь	июль	август	
<i>Северная агроклиматическая подзона</i>									
+ 0,9	+ 0,8	+ 0,6	+ 1,2	+ 137	+ 16,1	- 10,9	- 16,0	- 8,4	- 0,15
<i>Центральная агроклиматическая подзона</i>									
+ 1,8	+ 0,7	+ 0,9	+ 1,4	+ 171	+ 17,9	- 9,0	+ 7,2	- 18,4	- 0,14
<i>Южная агроклиматическая подзона</i>									
+ 2,0	+ 1,8	+ 2,2	+ 2,3	+ 288	+ 16,2	- 17,6	- 7,0	- 22,4	- 0,3

В результате мониторинга погодных изменений за период с 1981 по 2020 гг., было выявлено значительное изменение температурно-влажностного режима в Центральном районе Нечерноземной зоны. Особое внимание было уделено характеристике изменений климата в начале и конце вегетационного периода, в результате чего выявлено что средняя температура в мае и августе возросла за этот период во всех агроклиматических подзонах. Количество выпадающих осадков также повсеместно возросло в мае, а в августе сократилось в большей или меньшей степени, в зависимости от агроклиматической подзоны.

Как известно, особое значение рост среднемесячных температур имеет в начале и завершении вегетационного периода, так как новые агроклиматические условия оказывают влияние на структуру посевных площадей, в севооборот более широко включаются теплолюбивые культуры, в частности – соя – культура очень требовательная к гидротермическим условиям произрастания (Eulenstein F., Lana M., et al., 2017).

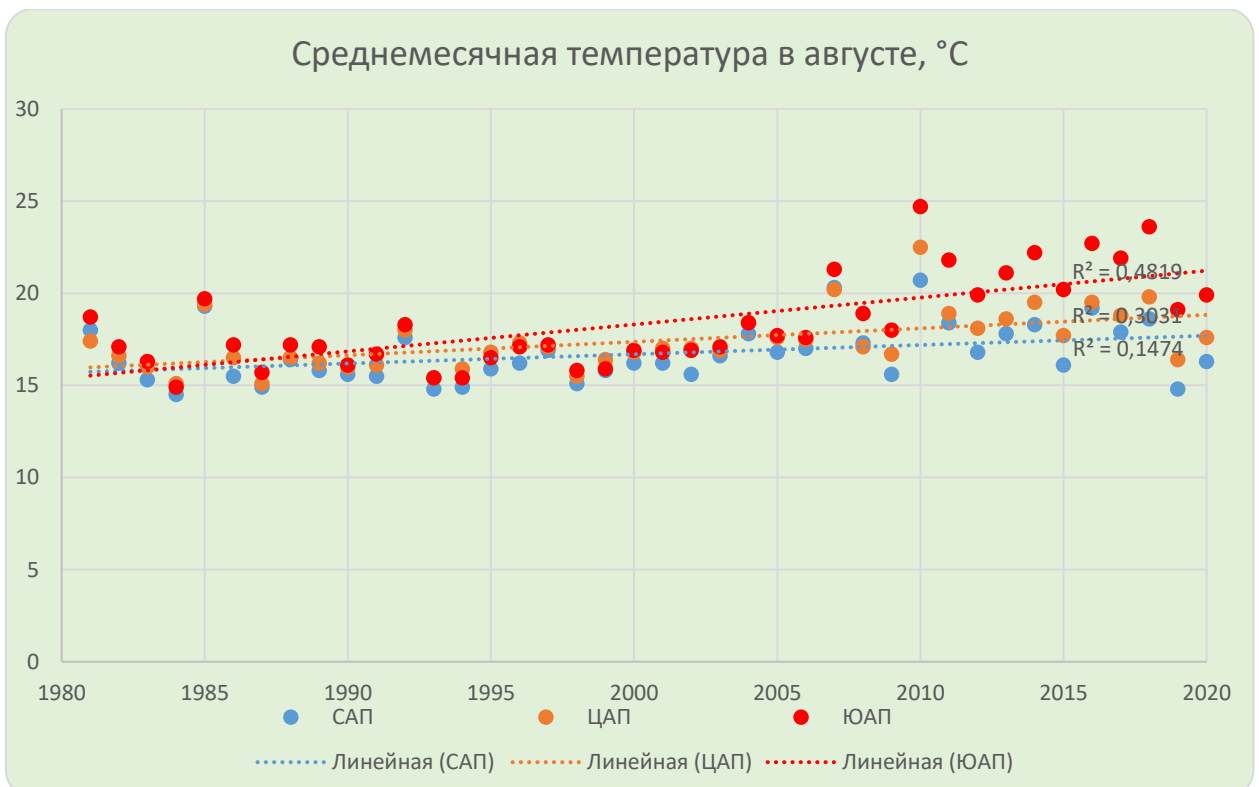
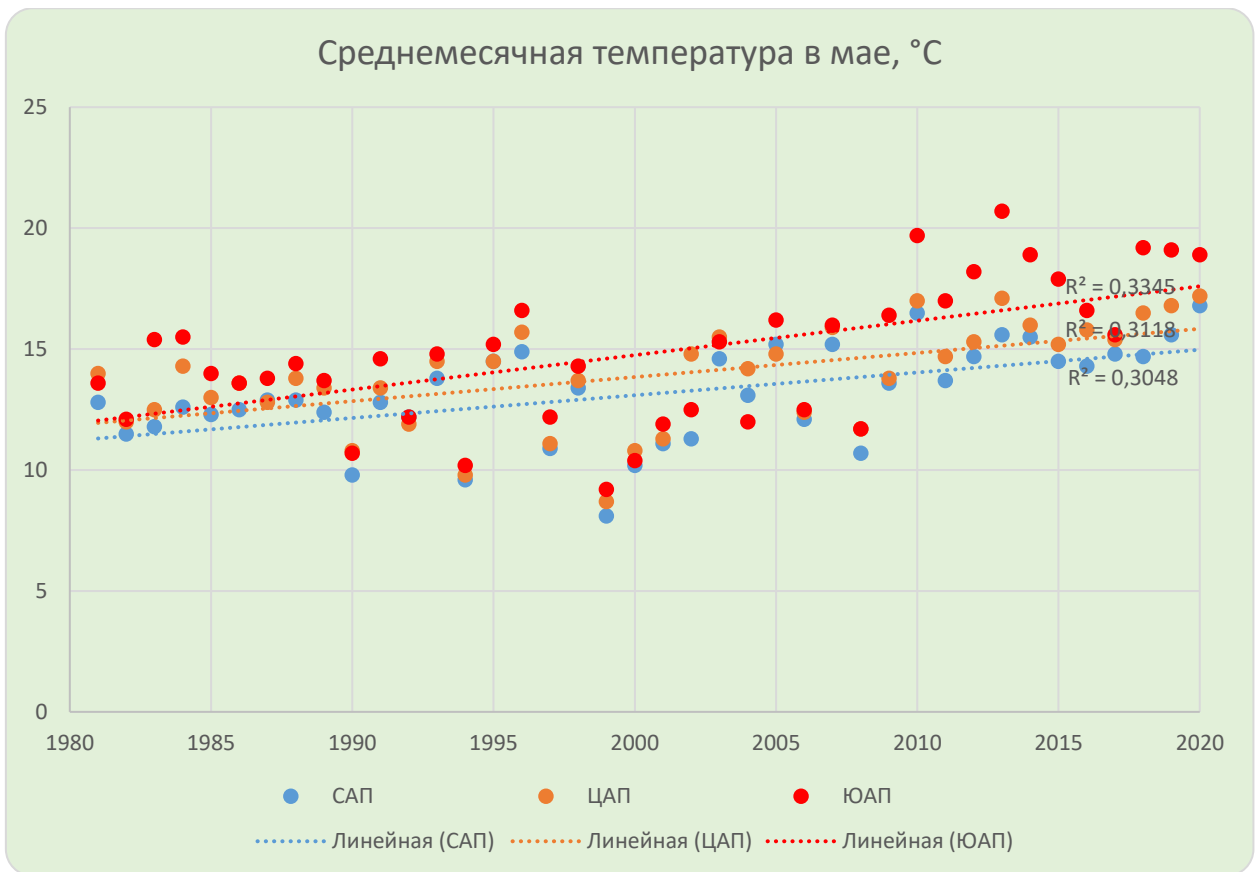


Рисунок 18 – Динамика среднемесячной температуры воздуха в мае и августе за период с 1981 по 2020 гг. по агроклиматическим подзонам Центрального района Нечерноземной зоны

Было установлено, что колебания среднемесячных температур относительно линейной средней по годам достаточно значительные во всех агроклиматических подзонах в мае. В августе среднесуточные температуры воздуха заметно возросли в южной агроклиматической подзоне, о чем свидетельствует значение величины достоверности аппроксимации, затем следует центральная агроклиматическая подзона с величиной средней силы, в северной агроклиматической подзоне величина отклонения является незначительной и соответствует размеру среднестатистической погрешности.

Мониторинг среднемесячного количества осадков, одного из основных факторов, оказывающих влияние на продуктивность сои, показал, что наибольшее их количество во всех агроклиматических подзонах приходится на июль и август и составляет в среднем от 70 до 90 мм за каждый месяц. В августе наблюдается динамика сокращения количества выпадающих осадков, в мае – относительный рост. Подобная динамика 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. При этом, рост количества осадков в начале вегетации в значительной степени произошел в центральной и северной агроклиматических подзонах (рисунок 19). В южной агроклиматической подзоне данная тенденция практически отсутствует.

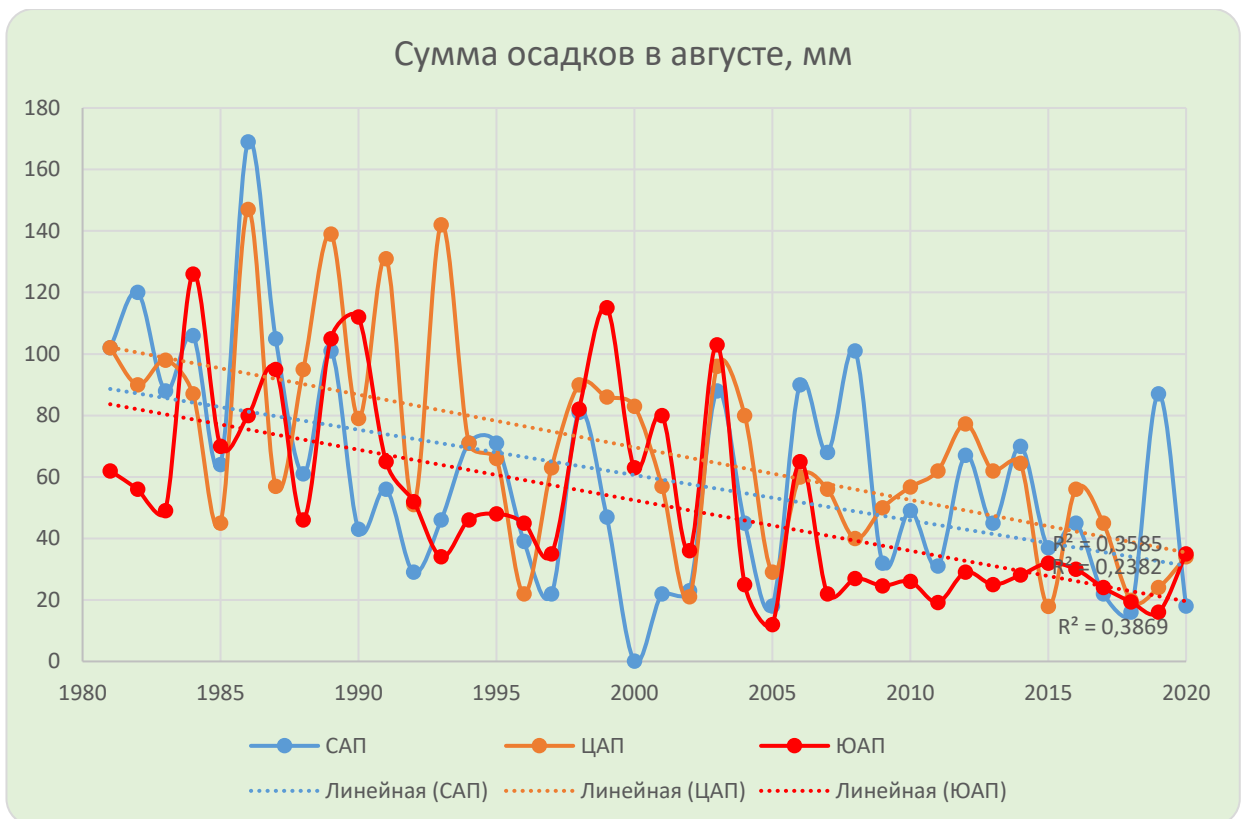
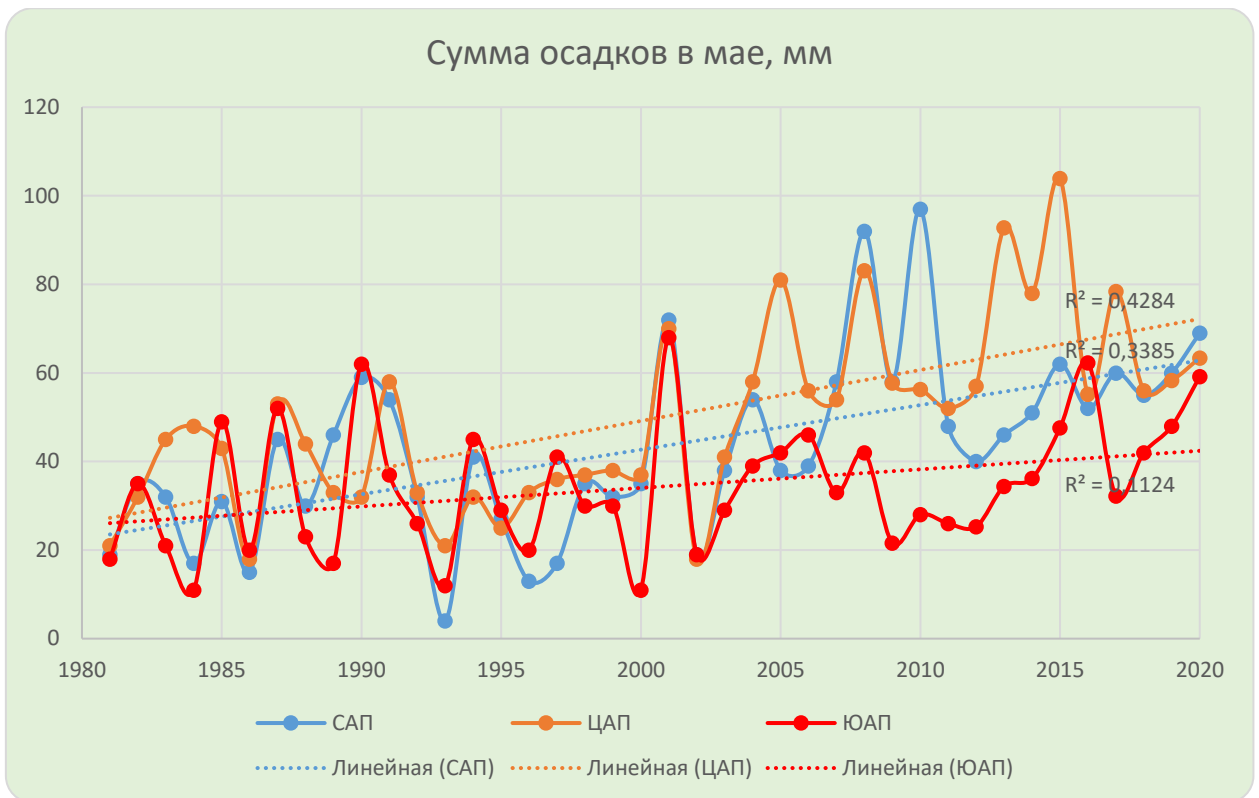


Рисунок 19 – Динамика среднемесячного количества осадков в мае и августе за период с 1981 по 2020 гг. по агроклиматическим подзонам Центрального района Нечерноземной зоны

Август является месяцем, важным с точки зрения прогноза обеспечения своевременного созревания раннеспелых сортов сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны, так как избыточное количество осадков в этот период приводит к так называемой «консервации» посевов – замедлению процессов созревания, низкой потере влаги вегетативной части растений, бобов и семян.

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.

Южная агроклиматическая подзона за период с 1981 по 2020 гг. показала в динамике наибольший среди других подзон Центрального района Нечерноземной зоны рост средних температур начала и конца вегетационного периода. При этом изменения влажностного режима носили разнонаправленный характер – в мае возросло количество выпадающих осадков на 16,2 мм в среднем, а в августе, наоборот, произошло сокращение на 22,4 мм. В целом, условия этой подзоны стали еще более пригодными для возделывания сои.

В начале вегетации тепло и влага способствуют появлению дружных всходов, в августе отсутствие большого количества осадков обеспечивает своевременное равномерное созревание. При этом по годам отмечена значительная вариабельность количества выпавших осадков относительно линейной средней, особенно в центральной и южной агроклиматических подзонах.

Одним из путей расширения ареала возделывания сои является создание устойчивых к экстремальным погодным условиям сортов разных групп спелости, а также ввод в севооборот сортов, полученных в регионах с более жарким и продолжительным вегетационным периодом и ранее не

подходящих для возделывания в умеренном климате Центрального Нечерноземья (Нозинич М., Трукуля В. и др., 2016).

3.3. Обоснование смещения северной границы возделывания сои

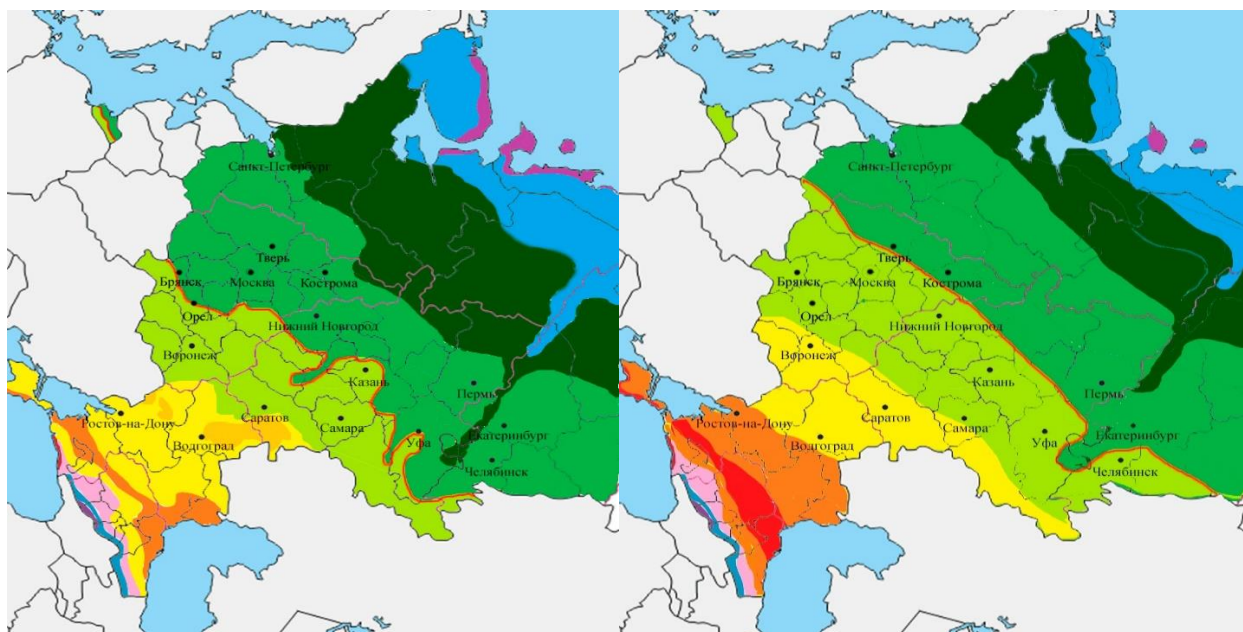
В результате сравнения одного из важнейших показателей климата – сумм активных температур, было выявлено повсеместное их повышение по всей территории Европейской России и сдвиг границ агроклиматических поясов на несколько градусов к северу (Мингалев Д.Э., 2017) (рисунок 20).

С середины прошлого века среднегодовая температура в России увеличилась, в среднем, на $1,5^{\circ}\text{C}$ и в настоящее время можно наблюдать смещение агроклиматических поясов на север по всей территории страны, и в Европейской ее части в том числе.

Московский регион оказался в поясе с суммой активных температур от 2200 до 2800°C за вегетационный период, в то время как еще несколько десятилетий назад максимальная сумма активных температур в регионе достигала только 2200°C . При этом, регион остался в зоне достаточного увлажнения с вероятностью засушливых периодов не более 25 %.

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

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.



а)

б)

Пояс	Обозначение	$\Sigma T_{\text{акт.}}, ^\circ\text{C}$	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	
		2800-3400	Засушливый вегетационный период (0,5-1,0), вероятность засух – 25-50 %
		3400-4000	Сухой вегетационный период (0,3-0,5), вероятность засух – более 70 %
Субтропический пояс		более 4000	

Рисунок 20 – Границы агроклиматических поясов на Европейской территории России: а) в 1964 г.; б) в настоящее время*

* Территории агроклиматических поясов обозначены автором на основании данных (Мингалев Д.Э., 2017) и данных карты агроклиматических поясов (1964).

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, ГТК сократился на 0,3–0,4 пункта. При этом биологические минимумы температур выдерживаются на всех этапах роста и развития растений, обеспечивая устойчивое созревание сои в этом регионе в августе – начале сентября.

В результате анализа динамических показателей средних температур в течение вегетационного периода по десятилетиям, начиная с 1981 г., было установлено, что наиболее значительный рост значений начался в 2001 г. и продолжается по настоящее время (таблица 10).

Прирост в среднем за вегетационный период достигает 1,0°C, или 0,5°C за десятилетие. Суммы активных температур в разных агроклиматических подзонах за десятилетие с 2011 по 2020 гг. превысили значения десятилетия с 1981 по 1990 гг. Так, в северной агроклиматической подзоне прирост составил 130–140°C, в центральной – 170–180°C и в южной агроклиматической подзоне – 280–290°C.

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 производственный процесс сои (Зайцев Н.И., Ревенко В.Ю. и др., 2020).

В результате анализа многолетних данных, прослеживается стабильная динамика роста сумм активных температур и снижения значения ГТК в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны. Климат средней полосы смягчается, средние температуры воздуха по месяцам и соответственно суммы активных температур за вегетацию

возрастают. В настоящее время сумма активных температур в регионе увеличилась в среднем до 2300°C, достигая в некоторые годы 2800°C.

Таблица 10 – Динамика температуры воздуха в течение вегетационного периода в Центральном районе Нечерноземной зоны в среднем по агроклиматическим подзонам с 1981 по 2020 гг. по десятилетиям, °С

Годы	Месяцы					$\Sigma T_{\text{акт.}}$ °С
	май	июнь	июль	август	В среднем за период	
<i>Северная агроклиматическая подзона</i>						
1981–1990	12,2	15,8	18,1	15,8	15,5	1807
1991–2000	11,2	17,0	18,2	15,8	15,6	1803
2001–2010	12,5	15,7	19,8	17,0	16,3	1922
2011–2020	13,1	16,6	18,6	17,1	16,4	1944
<i>Центральная агроклиматическая подзона</i>						
1981–1990	12,1	16,3	17,9	16,1	15,6	1849
1991–2000	12,2	16,8	18,5	16,4	16,0	1886
2001–2010	13,2	16,1	19,8	17,5	16,7	1972
2011–2020	14,0	17,0	18,8	17,5	16,8	2021
<i>Южная агроклиматическая подзона</i>						
1981–1990	13,7	16,9	18,1	17,0	16,4	1952
1991–2000	13,1	17,6	18,8	17,0	16,6	1975
2001–2010	14,2	17,1	20,5	18,7	17,6	2089
2011–2020	15,7	18,7	20,3	19,2	18,5	2240

Наибольший прирост сумм активных температур и снижение значения ГТК отмечены в южной агроклиматической подзоне, таким образом,

благодаря расширению потенциальных границ ареала потенциального распространения сои в регионе, становится возможным возделывание не только ультраскороспелых сортов северного экотипа, но и других раннеспелых сортов сои детерминантного или полудетерминантного типа роста, способных формировать большее количество урожая на единицу площади.

Отмечена тенденция к росту сумм активных температур и снижению значения показателя гидротермического коэффициента во всех агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны (рисунок 21). При этом самый большой 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 подзоне.

Следует отметить, что за исследуемый 40-летний период были зафиксированы годы с дефицитом осадков и высокими среднемесячными температурами – 2002, 2010, 2011 гг. Однако тенденция была неравномерной по всем регионам – в большей степени эти факторы были выражены по мере убывания в южной, центральной и северной агроклиматических подзонах.

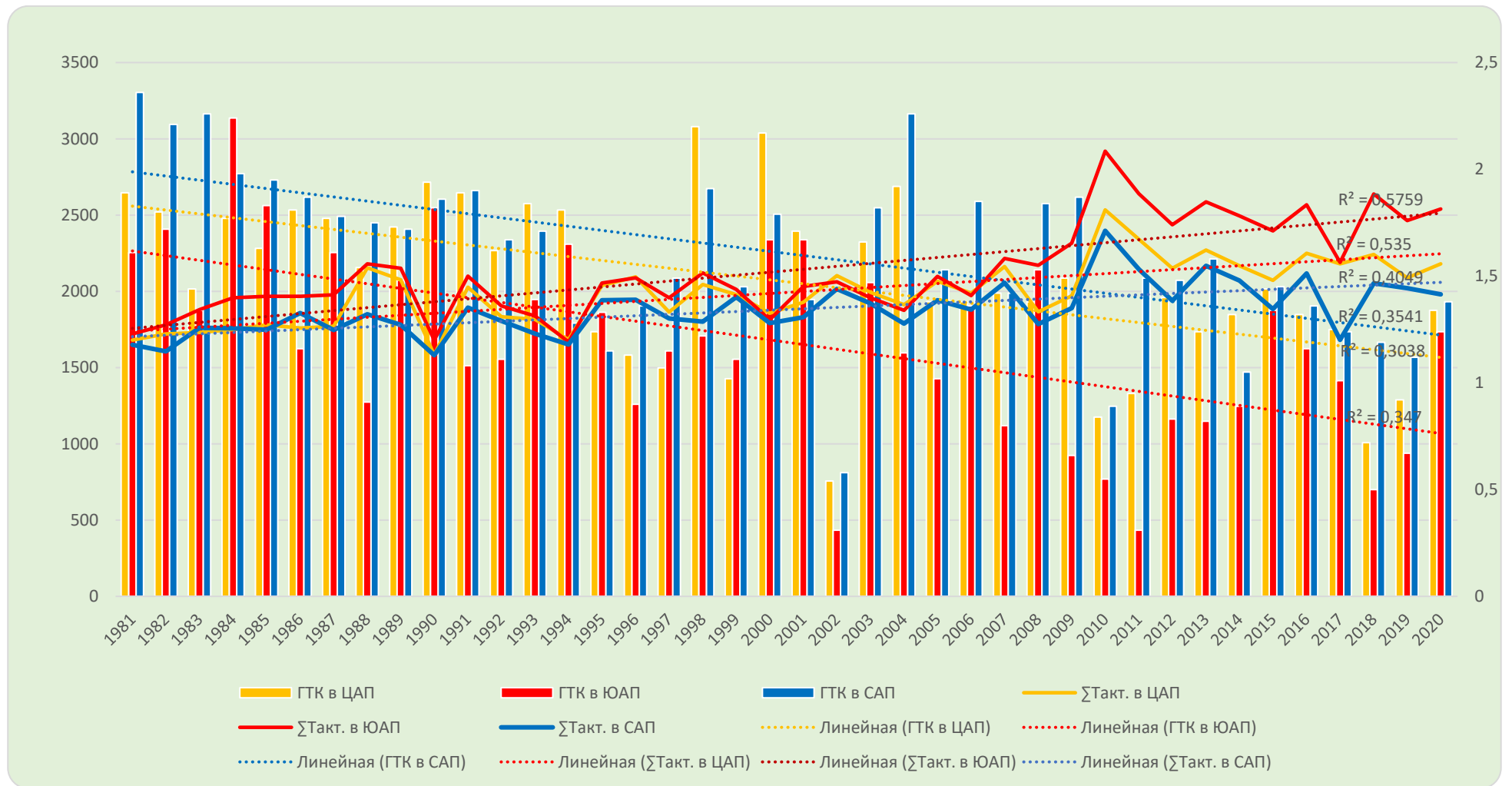


Рисунок 21 – Динамика суммы активных температур и ГТК в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации за 40-летний период

Продуктивность сортов сои, выведенных селекционерами в 80–90-е годы прошлого века, имеет большую взаимосвязь с неблагоприятными погодными условиями, по сравнению с сортами, допущенными к использованию в последние десятилетия. Что свидетельствует о большей экологической стабильности и адаптивности последних к негативным факторам внешней среды. В совокупности с продолжающимся потеплением климата и увеличением суммы активных температур по агроклиматическим зонам в среднем на 200–400°С, появилась возможность продвижения посевов сои на север Нечерноземной зоны РФ.

К неблагоприятным последствиям изменений климата можно отнести увеличение variability урожайности сельскохозяйственных культур, зависимости от погодных условий вегетационного периода конкретного года. В то же время, при складывающихся благоприятных агроклиматических условиях года, наблюдается ускорение ростовых процессов и повышение урожайности (Нозинич М., Пржуха Н. и др., 2016).

Количество выпадающих осадков также изменяется по десятилетиям, при этом не является однонаправленным – в начале вегетационного периода – месяц май – их стало больше в среднем на 20 мм, а в последующие месяцы меньше на 8–10 мм (таблица 11). Наибольшее количество осадков в начале вегетации выпадает в центральной агроклиматической подзоне и этот фактор является весьма важным для оценки возможности расширения посевов сои в регионах, наряду с ростом температур, что является весьма благоприятным фактором.

Таблица 11 – Динамика количества осадков и ГТК в течение вегетационного периода в Центральном Нечерноземье в среднем по агроклиматическим подзонам с 1981 по 2020 гг. по десятилетиям, °С

Годы	Месяцы					ГТК
	май	июнь	июль	август	В среднем за период	
<i>Северная агроклиматическая подзона</i>						
1981–1990	42,1	84,4	90,7	77,6	73,7	1,63
1991–2000	55,3	78,4	71,9	74,9	70,1	1,56
2001–2010	56,2	72,9	67,6	82,4	69,8	1,45
2011–2020	58,2	73,5	85,4	69,2	71,6	1,48
<i>Центральная агроклиматическая подзона</i>						
1981–1990	43,5	90,0	80,0	79,0	73,1	1,59
1991–2000	54,1	69,6	79,0	67,3	67,5	1,44
2001–2010	59,9	71,0	70,9	72,7	68,6	1,41
2011–2020	61,4	81,0	87,2	60,6	72,6	1,44
<i>Южная агроклиматическая подзона</i>						
1981–1990	39,2	85,5	81,6	73,2	69,9	1,44
1991–2000	44,4	74,3	90,3	61,5	67,6	1,38
2001–2010	50,6	64,8	73,6	58,3	61,8	1,19
2011–2020	55,4	67,9	74,6	50,8	62,2	1,14

Изменение агроклиматических условий приведет к трансформации отдельных элементов технологии сельскохозяйственного производства, а также потребует разработки дополнительных адаптационных мер, которые должны быть направлены на наиболее полное использование формирующегося природно-ресурсного потенциала территории с учетом

новейших достижений науки и практики, модернизации приемов ведения хозяйственной деятельности (Суховеева О.Э., 2014).

3.4. Сравнительная оценка климатических условий в годы проведения исследований и выявление лимитирующих факторов

Вариабельность урожайности сои и ее стабильность в значительной степени зависят от складывающихся метеорологических факторов в течение вегетации. Нижний порог активных среднесуточных температур для роста и развития сои составляет 15–17°C, потребность в тепле возрастает от прорастания семян к всходам, затем к цветению и формированию бобов. В условиях Рязанской области эта температура формируется к середине мая, но при этом часто бывают засухи, что сказывается на появлении всходов, они могут быть «рваными», что впоследствии приводит к неравномерному созреванию. Следует отметить, что биологические минимумы температур выдерживаются на всех этапах роста и развития, и, если не наступают аномальные периоды засухи или переувлажнения, сорта сои северного экотипа достаточно дружно созревают в августе – начале сентября (Бельшкіна М.Е., 2020).

Засушливые условия угнетают рост и формирование генеративных органов, продолжительность вегетации сокращается и поздние сорта развиваются по типу раннеспелых. В годы с обилием осадков усиливается вегетативный рост и образование бобов, особенно у более поздних сортов. В то же время чрезмерное количество осадков, особенно во второй половине вегетационного периода, может привести к затягиванию созревания растений.

Сумма активных температур является контрольным показателем возможности возделывания тех или иных сельскохозяйственных культур в регионе. Несколько десятилетий назад в условиях Центрального Нечерноземья за вегетацию в 90 % лет она не превышала 2100°C и к

возделыванию рекомендовались ультраскороспелые сорта сои, накапливающие за вегетацию 1800–2000°C (рисунок 22).

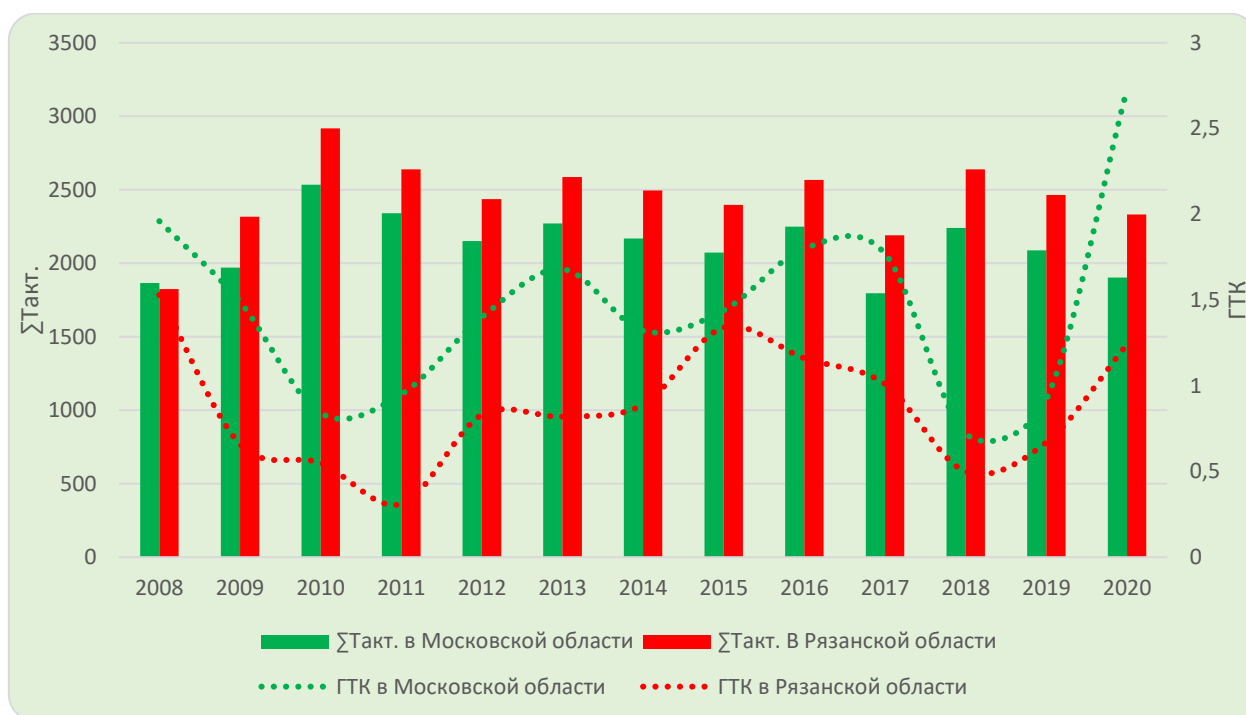


Рисунок 22 – Динамика сумм активных температур и ГТК в регионах проведения исследований за период 2008–2020 гг.

Если в 1981 г. сумма активных температур в обоих регионах была на уровне 1800°C, то к 2021 г. наблюдается тенденция к росту и значительное расхождение между регионами. Так, в Рязанской области сумма активных температур сформировалась на уровне 2450°C, в Московской также возросла, но в меньшей степени – до 2200°C. Тренд к дальнейшему росту средней температуры и соответственно суммы активных температур сохраняется.

В обоих регионах в динамике за 40-летний период наибольшие изменения температурно-влажностного режима произошли в последнее десятилетие (2011–2020 гг.). В Рязанской области значительно возросла температура по сравнению со среднемноголетней, чем в Московской. Расхождения со среднемноголетними данными в этом регионе достигают 8–

10°C. В Московской области значения превышения среднемноголетних данных находятся в пределах 4–6°C (рисунок 23).



Рисунок 23 – Динамика изменения климата в регионах проведения исследований за период с 1981 по 2020 гг.

За годы исследований в Московском регионе средняя температура воздуха в течение вегетационного периода превышала среднемноголетние данные в 77 % лет, в 15 % лет – была ниже и в 8 % лет примерно соответствовала им (рисунок 24). В Рязанской области во все годы, за редким исключением нескольких месяцев в 2008 г., фактические значения температуры воздуха были выше среднемноголетних значений на 6–8°C (приложения А–Д).

За 13 лет исследований средняя температура воздуха в сентябре превышала среднемноголетнюю в Московской области на 1,8°C и составила 12,5°C против 10,7°C по среднемноголетним данным. Сентябрьская температура воздуха в Рязанской области превысила среднемноголетнюю по региону на 1,6°C и составила в среднем 12,8°C против 11,2°C по усредненным данным.

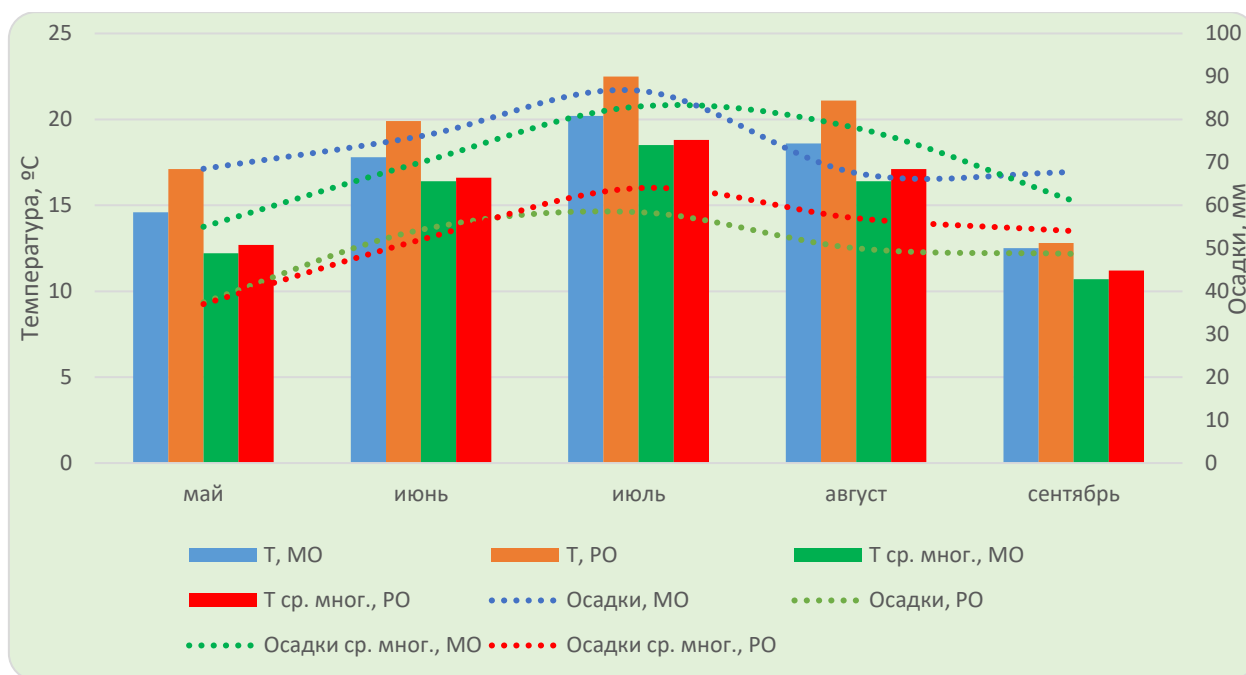


Рисунок 24 – Динамика изменения климата в регионах проведения исследований в среднем за период с 2008 по 2020 гг.

Если в начале исследуемого периода значения ГТК в обоих регионах были примерно одинаковыми и составляли в среднем 1,3–1,5, то спустя четыре десятилетия в Московском регионе значение ГТК незначительно снизилось и составило в среднем 1,2–1,3, в Рязанской области ГТК составил в среднем 0,7–0,9. При этом, наибольшая урожайность семян сои по сортам в большинстве своем отмечалась в годы с достаточным увлажнением (ГТК = 0,7–1,4), наименьшая – при дефиците влаги (ГТК < 0,7) (Бельшикина М.Е., Кобозева Т.П. и др., 2020).

В Рязанской области за 13 лет наблюдений, с 2008 по 2020 гг., в процентном отношении с оптимальным увлажнением были 33 % лет, с недостаточным увлажнением – 42 % и слабым – 25 % лет. Вегетационных периодов с условиями избыточного увлажнения в Рязанской области не наблюдалось. В Московском регионе за годы исследований в процентном отношении годы с оптимальным увлажнением составили 44 % лет, с избыточным увлажнением – 33 %, с недостаточным – 23 % лет (приложение А).

Связь урожайности с условиями гидротермического обеспечения мая–сентября имеет в основном криволинейную направленность разной силы в зависимости от анализируемого периода времени. Соя сравнительно толерантна к величине ГТК в начале и в конце своего развития (май, август). Наибольшее влияние на степень реализации потенциала скороспелых сортов оказывают показатели гидротермического обеспечения в июне–июле – в период интенсивного формирования генеративных органов (Павловский А.А., 2006; Омелянюк Л.В., Танакулов А.Х. и др., 2012). В последние десятилетия в Рязанской области отмечается достаточно устойчивая тенденция снижения осадков в середине вегетационного периода, июль перестает быть самым влажным месяцем года. Это может отрицательно влиять на процесс завязывания плодов и семян, снижая дальнейшую урожайность. Однако при сохранении в почве влаги за счет осадков, выпавших в предыдущие месяцы, неблагоприятные последствия могут не проявиться.

Недостаточная влагообеспеченность вегетационного периода при возделывании сои в Рязанской области может служить лимитирующим фактором для получения высокого урожая. В Московской области чаще наблюдаются более низкие температуры при достаточном количестве осадков, или даже их избыточном количестве (приложение А).

За период с 2008 по 2020 гг. в Московской области избыточное увлажнение в течение вегетационного периода отмечалось в 38 % лет и по 31 % лет приходилось на годы с достаточным увлажнением и засушливые. В Рязанской области в 62 % лет наблюдались засухи, достаточное увлажнение было в 31 % вегетационных периодов и только 1 год или 8 % от общего количества лет в регионе отмечалось избыточное увлажнение. В среднем за период наблюдений, сумма активных температур за вегетацию составила в Московской области 2127°C, в Рязанской – 2450°C, а ГТК соответственно – 1,47 и 0,89 (приложение А).

Сортам сои северного экотипа требуется за период от посева до созревания в среднем 1700–2000°C. Рекомендованный биологический минимум температур для сои по периодам вегетации составляет: посев–всходы – 7–9°C, формирование репродуктивных органов – 14–16°C, цветение – 16–17°C, образование семян – 12–13°C, созревание – 8–9°C. При более низких температурах развитие растений задерживается, а температуры выше биологического минимума ускоряют его.

В период от всходов до цветения соя достаточно засухоустойчива и способна выдерживать временный дефицит влажности почвы и высокие температуры воздуха. Критическим по требовательности к влаге является период от начала цветения до завершения налива семян, в это время сое необходимо 50–70 % суммарного водопотребления за вегетацию. Дефицит влаги в это период ведет к снижению продуктивности растений и урожайности.

В случае затяжного дождливого периода в сочетании с пониженными сентябрьскими температурами может произойти так называемая

«консервация» посевов, когда растения сохраняют большое количество влаги в створках плодов и семенах. Таким образом, продолжительность вегетационного периода сои в условиях Рязанской области от посева до созревания не должна превышать 90–110 дней. Нижний порог активных среднесуточных температур – 15–17°C, а для полного созревания ультраскороспелым и раннеспелым сортам требуется сумма активных температур 1700–2100°C.

Заключение по главе 3

По данным Росгидромета, за последние полвека наблюдается тенденция к повышению средней температуры воздуха. При этом, скорость потепления в среднем по Российской Федерации значительно превосходит среднюю по земному шару и составляет полградуса за десятилетие. Изменения в климате влекут за собой расширение площадей сельскохозяйственных земель за счет смещения природно-климатических зон в северном направлении. 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. 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, ГТК сократился на 0,3–0,4 пункта. Биологические минимумы температур выдерживаются на всех этапах роста и развития растений, обеспечивая устойчивое созревание сои в этом регионе в августе – начале сентября.

ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ

4.1. Характеристика раннеспелых сортов сои различного эколого-географического происхождения, отобранных для возделывания в условиях Центрального района Нечерноземной зоны

Современные сорта сои обладают экологической пластичностью и адаптивностью к условиям региона возделывания. Благодаря быстрому равномерному появлению всходов обеспечивается реализация наибольшей продуктивности сорта за вегетационный период, а дружное созревание позволяет проводить уборку в агротехнические сроки без потерь урожая.

Благодаря экологической пластичности, сорта сои, относящиеся к группе раннеспелых, могут возделываться не только в регионе или зоне, в которой были получены, но и в других регионах. Во многом эта возможность обеспечивается изменением температурно-влажностного режима на всей территории Российской Федерации. Пригодными для возделывания сои, благодаря смещению изотермы допустимого размещения посевов сои на север Европейской территории России, становятся новые регионы. В более южных регионах Центрального района Нечерноземной зоны становится допустимым возделывание не только сортов северного экотипа, но и раннеспелых сортов, районированных для других регионов.

Работа по интродукции сои в Центральный район Нечерноземной зоны, начатая в 80-е годы прошлого столетия, продолжается и в настоящее время, однако среди ученых нет единой стратегии в разработке модели сорта сои северного экотипа для этого региона. Большинство селекционеров отдают предпочтение в этом регионе сортам детерминантного типа роста, с минимальным ветвлением или полным отсутствием боковых побегов. Такие сорта характеризуются уникальной скороспелостью, они имеют короткий период цветения, после которого их линейный рост прекращается и

начинается процесс созревания семян (Кобозева Т.П., Попова Н.П. и др., 2020).

У детерминантных сортов сои уменьшение длины стебля и числа ветвей приводит к снижению потенциальной продуктивности, а также к уменьшению высоты крепления нижнего боба, что в свою очередь ведет к потерям урожая при уборке. Сорты полудетерминантного типа роста, формирующие боковые побеги, способны компенсировать изреженность посева, возникающую из-за пониженной всхожести по причине возможных весенних заморозков, возврата холодов, образования почвенной корки и др. Они, как правило, более позднеспелые, но и более урожайные. При этом характеризуются более высоким креплением нижних бобов, что обеспечивает минимальные потери при уборке.

В задачи исследований входило провести агроэкологические испытания и оценку сортов сои, относящихся к разным группам спелости и разным эколого-географическим зонам по происхождению, в почвенно-климатических условиях разных агроклиматических подзон 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 (рисунок 25, таблица 12):

- 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».

Сорта сои

Северного экотипа:

1. **Вегетационный период – 75-100 суток**
2. **Группа спелости – очень раннеспелые и раннеспелые**
3. **Высота растений – 65-90 см**
4. **Высота прикрепления нижнего боба – 8-12 см**
5. **Тип роста – детерминантный, полудетерминантный, индетерминантный**
6. **Число ветвей – 1-2**
7. **$\Sigma t_{акт.}$ – 1700-1900**
8. **Сорта – Магева, Окская, Светлая, Касатка, Георгия**

Южные:

1. **Вегетационный период – 90-105 суток**
2. **Группа спелости – очень раннеспелые и раннеспелые**
3. **Высота растений – 90-115 см**
4. **Высота прикрепления нижнего боба – 13-15 см**
5. **Тип роста – полудетерминантный, индетерминантный**
6. **Число ветвей – 2-3**
7. **$\Sigma t_{акт.}$ – 1900-2200**
8. **Сорта – Лира, Аванта, Бара**

Дальневосточные:

1. **Вегетационный период – 95-105 суток**
2. **Группа спелости – раннеспелые**
3. **Высота растений – 75-110 см**
4. **Высота прикрепления нижнего боба – 13-15 см**
5. **Тип роста – детерминантный, полудетерминантный, индетерминантный**
6. **Число ветвей – 2-3**
7. **$\Sigma t_{акт.}$ – 2000-2300**
8. **Сорта – Персона, Умка, Лидия, Грация**

Рисунок 25 – Характеристика исследуемых сортов сои различного эколого-географического происхождения

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 было 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.

Наряду с технологичностью, сорта устойчивы к неблагоприятным условиям вегетационного периода, в частности – к засухе и заморозкам, а также к ряду болезней – семядольному бактериозу и септориозу и т.д.

Таблица 12 – Хозяйственно-биологическая характеристика исследуемых сортов (Госсорткомиссия, 2021)

Сорт	Группа спелости, вегетационный период	Описание	Рекомендованные регионы возделывания (год включения в Госреестр селекционных достижений)
Сорта северного экотипа			
<i>Организация-оригинатор: Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» в соавторстве с ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»</i>			
Магева	Раннеспелый, 83–99 сут.	Получен методом индивидуального отбора из мутантной популяции. Высота растений: 51–76 см, опушение стебля рыжее, цветки розово-фиолетовые. Семена овальные, матовые, рубчик овальный, желтый. <i>Высота прикрепления нижнего боба: 15–16 см. Масса 1000 семян: 141–153 г. Средняя урожайность: 1,9–2,1 т/га. Биохимический состав семян: белок – 39,8–42,4 %, жир – 17,2–19,2 %.</i> <i>Особенности:</i> обладает пониженной, по сравнению с традиционными сортами, активностью ингибиторов трипсина; пригоден к механизированной уборке без десикации; устойчив к засухе, заморозкам и растрескиванию бобов	Центральный, Волго-Вятский, Центрально-Черноземный, Средневолжский, Уральский

Окская	Раннеспелый, 84–107 сут.	Получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции, относится к маньчжурскому подвиду, разновидности скороспелая, окраска подсемядольного колена антоциановая, насыщенная. Форма растения кустовая, промежуточная. Окраска опушения растения рыжевато-коричневая. Лист зеленого цвета, овальный. Боб слабоизогнутый, коричневый. Семена удлиненные, желтого цвета, рубчик желтый. <i>Масса 1000 семян:</i> 135–144 г. <i>Средняя урожайность:</i> 2,0–2,2 т/га. <i>Биохимический состав семян:</i> белок – 36–40 %, жир – 19–20 %	Центрально-Черноземный, Средневолжский, Волго-Вятский, Центральный
Светлая	Раннеспелый, 94–102 сут.	Получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции, относится к маньчжурскому подвиду, тип роста – детерминантный. Окраска опушения всего растения серая, листовые пластинки светло-зеленого цвета, ромбовидные. Соцветие – кисть с тремя-пятью цветками белого цвета. Боб коричневый, слабоизогнутый с острым носиком и густым опушением. Семена шаровидно-приплюснутые, желтые, окраска рубчика коричневая. <i>Масса 1000 семян:</i> 135–181 г. <i>Средняя урожайность:</i> 2,2–2,4 т/га. <i>Биохимический состав семян:</i> белок – 37–44 %, жир – 16–20 %. <i>Особенности:</i> обладает ценными пищевыми качествами; устойчив к полеганию	Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский, Центрально-Черноземный
Касатка	Очень раннеспелый, 76–85 сут.	Получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции, относится к маньчжурскому подвиду, тип роста – детерминантный. Форма растения кустовая, промежуточная. Окраска подсемядольного колена антоциановая. Окраска опушения всего растения рыжевато-коричневая, листовые пластинки светло-зеленого цвета, овальные. Соцветие – кисть с 3–5 цветками фиолетового цвета. Боб слабоизогнутый с острым носиком и густым опушением. Семена округло-удлиненные, желтые, окраска рубчика коричневая. <i>Масса 1000 семян:</i> 145–168 г. <i>Средняя урожайность:</i> 2,1–2,4 т/га. <i>Биохимический состав семян:</i> белок – 42–45 %, жир – 16–18 %	Центральный, Волго-Вятский

Продолжение таблицы 12

Геоργия	Раннеспелый, 94–105 сут.	Получен методом индивидуального отбора из гибридной популяции, относится к маньчжурскому подвиду. Тип развития растения – индетерминантный. Окраска гипокотилиа антоциановая, опушение главного стебля рыжеватого-коричневого, окраска цветка фиолетовая. Форма листа заостренно-яйцевидная. Семена удлинено-приплюснутые, желтые. Окраска рубчика – желтая. <i>Масса 1000 семян:</i> 153–162 г. <i>Средняя урожайность:</i> 2,1–2,3 т/га. <i>Биохимический состав семян:</i> белок – 38–45 %, жир – 16–18 %. <i>Особенности:</i> устойчив к семядольному бактериозу и септориозу	Центральный, Волго-Вятский
Южные сорта			
<i>Организация-оригинатор: ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»</i>			
Ли́ра	Раннеспелый, 90–100 сут.	Растение индетерминантное, форма полусжатая. Опушение серое. Боковые листочки овальные, зеленые, размер средний. Цветок белый. Боб светло-коричневый. Семена удлинённые, желтые, рубчик желтый. <i>Масса 1000 семян:</i> 140–168 г. <i>Высота прикрепления нижнего боба:</i> до 12,8 см. <i>Средняя урожайность:</i> 1,4–1,8 т/га. <i>Биохимический состав семян:</i> белок – 35–38 %, жир – 22–24 %. <i>Особенности:</i> устойчив к полеганию и растрескиванию бобов	Северо-Кавказский

<i>Организация-оригинатор: ООО Компания «Соевый комплекс»</i>			
Аванта	Раннеспелый, 98–106 сут.	Индетерминантного типа развития, от прямостоячего до полупрямостоячего. Опушение главного стебля серое. Боковой листочек сложного листа – заостренно-яйцевидный. Цветок белый. Семена среднего размера, удлинено-приплюснутые, желтые, рубчик желтый. <i>Высота прикрепления нижнего боба – до 11,7 см. Масса 1000 семян: 145–150 г. Средняя урожайность: 1,8–2,3 т/га. Биохимический состав семян: белок – 35,9–42,4 %, жир – 19,8–22,0 %</i>	Центрально-Черноземный, Средневолжский, Нижневолжский
Бара	Очень раннеспелый, 90–95 сут.	Растение от полудетерминантного до индетерминантного типа развития, средней высоты, от прямостоячего до полупрямостоячего с серым опушением. Боковой листочек округло-яйцевидной формы, большой, зеленый. Цветок фиолетовый. У боба интенсивность коричневой окраски светлая. Устойчив к растрескиванию бобов при перестое. Семена среднего размера, шаровидно-приплюснутые, желтые, рубчик серый. <i>Высота прикрепления нижнего боба – до 13 см. Масса 1000 семян: 117–124 г. Средняя урожайность: 1,1–1,4 т/га. Биохимический состав семян: белок – 39–41 %, жир – 21–23 %</i>	Центрально-Черноземный, Северо-Кавказский, Средневолжский, Нижневолжский, Дальневосточный
Дальневосточные сорта			
<i>Организация-оригинатор: ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»</i>			
Персона	Раннеспелый, 103–109 сут.	Растение детерминантного типа развития, средней высоты, прямостоячее. Опушение главного стебля – серое. Боковой листочек (сложного листа) ланцетовидный. Цветок фиолетовый. Семена среднего размера, шаровидные, желтые, рубчик желтый. <i>Высота прикрепления нижнего боба: до 13,0 см. Масса 1000 семян: 125–127 г. Средняя урожайность: 1,4–1,6 т/га. Биохимический состав семян: белок – 34–36 %, жир – 19–21 %</i>	Восточно-Сибирский

Умка	Раннеспелый, 100–106 сут.	Растение полудетерминантного типа развития, от прямостоячего до полупрямостоячего. Опушение главного стебля – серое. Боковой листочек (сложного листа) заостренно-яйцевидный. Цветок фиолетовый. Семена среднего размера, удлинено-приплюснутые, желтые, рубчик серый. <i>Высота прикрепления нижнего боба: до 13,8 см. Масса 1000 семян: 186–189 г. Средняя урожайность: 1,9–2,1 т/га. Биохимический состав семян: белок – 39–42 %, жир – 21–23 %</i>	Дальневосточный, Центрально- Черноземный
Лидия	Раннеспелый, 96–104 сут.	Растение индетерминантного типа развития, промежуточной формы, с рыжевато-коричневым опушением. Боковые листочки овальной формы, зеленые, маленького размера. Цветки фиолетовые. Семена удлинено-приплюснутые, желтые, рубчик коричневый. <i>Высота прикрепления нижнего боба: 10,7–13,3 см. Масса 1000 семян: 152–160 г. Средняя урожайность: 1,4–1,6 т/га. Биохимический состав семян: белок – 38–40 %, жир – 20–22 %.</i> <i>Особенности: устойчив к полеганию и осыпанию</i>	Дальневосточный, Восточно- Сибирский
Грация	Раннеспелый, 90–97 сут.	Растение индетерминантного типа развития, окраска опушения рыжевато-коричневая. Форма боковых листочков округло-яйцевидная, окраска зеленая, размер средний. Окраска цветка фиолетовая. Семена удлинено-приплюснутой формы, окраска семенной кожуры желто-зеленая, рубчик желтый. <i>Высота прикрепления нижнего боба: 10,5–13,0 см. Масса 1000 семян: 135,6–148,9 г. Средняя урожайность: 1,6–1,8 т/га. Биохимический состав семян: белок – 37–39 %, жир – 19–21 %</i>	Дальневосточный, Восточно- Сибирский

4.2. Рост и развитие раннеспелых сортов сои в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода

Ограничивающими факторами при выращивании сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны являются продолжительная вегетация, а также недостаточное количество тепла и влаги в период налива и созревания семян. Нижний порог активных среднесуточных температур на уровне 15–17°C формируется к середине мая, но при этом часто бывают засухи. Если биологические минимумы температур выдерживается на всех этапах роста и развития и не наступают аномальные периоды засухи или переувлажнения, сорта сои северного экотипа созревают в августе – начале сентября.

Недостаток влаги и жаркая сухая погода в период R1 – R6 (начало цветения – полный налив семян) может оказывать пагубное влияние на растения. Могут замедляться ростовые процессы, абортация генеративных органов, а в период налива семян вызывать потерю массы и щуплость. Однако и обилие осадков в генеративной фазе роста и развития растений приводит к избыточному нарастанию биомассы, а в процессе созревания приводит к затягиванию созревания.

Ареал распространения сои ограничивается суммой активных температур и датой наступления первого заморозка. В связи с этим представляет несомненный практический интерес дальнейшее агроэкологическое изучение раннеспелых сортов сои и отбор наиболее подходящих для селекции новых сортов и возделывания в регионе.

Некоторые периоды роста и развития растений сои происходят одновременно. Так, в период цветения сои продолжается вегетативный рост, последовательно снизу-вверх по ярусам формируются плоды и начинается налив семян в нижних бобах. Этот период является критическим в формировании урожая, к его завершению отмечается максимальная за вегетацию площадь листьев, а количество сформировавшихся на единице

площади плодов характеризует потенциальный урожай (Кшникаткина А.Н., 2015; Гатаулина Г.Г., Заренкова Н.В. и др., 2019).

У сои, как и у других зернобобовых культур, отмечается нестабильность урожайности, влияние условий выращивания сказывается на продуктивности сильнее по сравнению с влиянием генотипа, этот фактор важно учитывать при интродукции сои в новые районы возделывания.

Потребность растений сои в тепле и влаге возрастает от прорастания семян к всходам, затем к фазам цветения и формирования бобов, при этом важно их равномерное распределение. В случае отсутствия аномальных периодов засухи или переувлажнения, соя в Центральном районе Нечерноземной зоны созревает в августе – начале сентября.

Целью исследований было определить степень влияния вариабельности агрометеорологических условий вегетационного периода в условиях Рязанской области на продукционный процесс сортов сои различного эколого-географического происхождения: северного экотипа, южных и дальневосточных, и дать оценку возможности их возделывания в агроклиматических подзонах Центрального района Нечерноземной зоны.

В Рязанской области благоприятная минимальная температура для роста и развития сои, составляющая 15–17°C, устанавливается к середине мая. При этом, в период от всходов до цветения растения способны выдерживать временный дефицит влаги в почве и высокие температуры воздуха. Критическим по требовательности к влаге является период от начала цветения до завершения налива семян, в это время сое необходимо 50–70 % суммарного водопотребления за вегетацию. Репродуктивный период отмечается с момента раскрытия первого цветка на растении. У большинства зернобобовых культур с детерминантным типом роста продолжительность цветения составляет 25–35 дней. Дефицит влаги в этот период ведет к снижению продуктивности растений (рисунок 26).



Рисунок 26 – Проведение агроэкологического испытания сортов сои различного эколого-географического происхождения в агроклиматических условиях Рязанской области (Рязанский район, с. Подвязье), 2020 г.

Среднесуточная температура по результатам многолетних наблюдений метеостанции ИСА ФНАЦ ВИМ в мае составляет 12,7; в июне – 16,6; в июле – 18,8; в августе – 17,1°C (приложение Г). Для полного созревания ультраскороспелым и раннеспелым сортам требуется сумма активных температур 1700–2100°C.

Некоторые периоды роста и развития растений сои происходят одновременно. Так, в период цветения сои продолжается вегетативный рост, последовательно снизу-вверх по ярусам формируются плоды и начинается налив семян в нижних бобах. Этот период является критическим в формировании урожая, к его завершению отмечается максимальная за вегетацию площадь листьев, а количество сформировавшихся на единице площади плодов характеризует потенциальный урожай.

Метеорологические условия вегетационного периода 2008–2020 гг. имели существенные различия по температурному и влажностному режимам (приложения Г, Д, Е). За 13 лет наблюдений температурные значения превышали среднемноголетние в среднем на 2–6°С. Наступление жаркой погоды выпадало в 80 % лет исследований на вторую половину июня – первую половину июля. В этот период растения сои переходят к фазам генеративного развития – бутонизации – началу цветения. При этом в 75 % лет исследований в этот период наблюдался дефицит осадков, в 19 % лет – достаточное их количество и лишь в 6 % лет – избыточное.

В 2008 г. вегетационный период был близким к среднемноголетним значениям по температурному режиму. Обильные осадки выпали в мае и июле, что способствовало появлению дружных всходов и нарастанию вегетативной массы. Сумма активных температур за вегетационный период составила 1824°С, а значение гидротермического коэффициента – 1,53. Год был отнесен в группу лет с избыточным увлажнением ($ГТК > 1,4$).

Условия вегетационного периода 2009 г. по температурному режиму были близки к среднемноголетним. Однако, количество выпавших осадков было значительно ниже среднемноголетних значений в мае, июне и августе. И если в конце вегетационного периода дефицит осадков способствовал дружному созреванию посевов, то майская и июньская засухи негативно сказались на равномерности появления всходов и течении продукционного процесса. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2316°С, а значение гидротермического коэффициента – 0,66. Год был отнесен в группу засушливых лет ($ГТК < 0,7$).

Метеорологические условия 2010 г. были экстремальными по температурно-влажностному режиму, начиная со второй половины июня и до конца вегетации. Фиксировался дефицит осадков при рекордных температурах воздуха. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2919°С, а значение гидротермического коэффициента – 0,55. Год был отнесен в группу засушливых лет ($ГТК < 0,7$).

Метеорологические условия 2011 г. были схожи с условиями 2010 г., но среднемесячные температуры воздуха были ниже, но все равно значительно превышали среднемноголетние значения, особенно в июле. Жаркая погода в июле сопровождалась засухой, осадков выпало в 3 раза ниже нормы. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2640°C , а значение гидротермического коэффициента – 0,31. Год был отнесен в группу засушливых лет ($\text{ГТК} < 0,7$).

Условия вегетационного периода 2012 г. по значениям температуры воздуха превышали среднемноголетние во все месяцы. Количество осадков было близко к среднемноголетним в мае и августе, в июне фиксировалось их избыточное количество, а в июле, наоборот, – дефицит. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2437°C , а значение гидротермического коэффициента – 0,83. Год был отнесен в группу лет с близкими к оптимальным, условиями ($\text{ГТК} 0,7\text{--}1,4$).

Метеорологические условия вегетационного периода 2013 г. были достаточно благоприятными для роста и развития сои. Среднемесячные температуры были выше среднемноголетних значений во все месяцы. Количество осадков было близким к среднемноголетним значениям в мае, июле и августе, и только в июне – существенно ниже средних значений. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2587°C , а значение гидротермического коэффициента – 0,82. Год был отнесен в группу лет с близкими к оптимальным, условиями ($\text{ГТК} 0,7\text{--}1,4$).

В 2014 г. средние температуры по месяцам превышали среднемноголетние на $2\text{--}6^{\circ}\text{C}$. Осадки выпадали неравномерно – в мае их количество было близко к норме, в июне почти на 60 мм превышало норму, в июле осадки практически отсутствовали, а в августе были ниже нормы на 30 мм. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2495°C , а значение гидротермического коэффициента – 0,89. Год был отнесен в группу лет с близкими к оптимальным, условиями ($\text{ГТК} 0,7\text{--}1,4$).

Метеорологические условия вегетационного периода 2015 г. по температурному режиму снова превышали среднемноголетние значения, но не столь значительно, чем в предыдущие годы. Количество осадков было достаточным или даже избыточным – в июне этот показатель превысил среднемноголетнюю величину на 76 мм. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2397°C, а значение гидротермического коэффициента – 1,34. Год был отнесен в группу лет с близкими к оптимальным, условиями (ГТК 0,7–1,4).

В 2016 г. среднемесячные значения температур воздуха превышали среднемноголетние. Осадки выпадали неравномерно, их количество в мае превышало средние значения, в июне было ниже, в июле примерно соответствовало среднемноголетним значениям, а в августе было почти в 2 раза выше, что привело затягиванию созревания. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2568°C, а значение гидротермического коэффициента – 1,16. Год был отнесен в группу лет с близкими к оптимальным, условиями (ГТК 0,7–1,4).

Метеорологические условия вегетационного периода 2017 г. характеризовались близкими к среднемноголетним значениям по температурному и влажностному режимам во все месяцы. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2190°C, а значение гидротермического коэффициента – 1,01. Год был отнесен в группу лет с близкими к оптимальным, условиями (ГТК 0,7–1,4).

В 2018 г. среднемесячные температуры значительно превышали среднемноголетние во все месяцы вегетационного периода. Количество осадков было дефицитным в мае, июне и августе, только в июле среднемесячные значения осадков немного превышали среднемноголетние значения. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2639°C, а значение гидротермического коэффициента – 0,50. Год был отнесен в группу засушливых лет (ГТК < 0,7).

Метеорологические условия 2019 г. в начале вегетационного периода способствовали быстрому появлению дружных всходов сои, так как температура мая превышала среднемноголетнюю на 6°C и составила $19,1^{\circ}\text{C}$. При этом по количеству осадков май выдался достаточно влажным, сумма осадков за месяц превысила среднемноголетнее значение на 11 мм. В последующие месяцы сохранилось превышение фактическими температурами среднемноголетних значений. Суммы осадков в июне, июле и августе были ниже среднемноголетних значений на 14–26 мм. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2464°C , а значение гидротермического коэффициента – 0,50. Год был отнесен в группу засушливых лет ($\text{ГТК} < 0,7$).

Условия вегетационного периода в 2020 г. характеризовались обильными осадками при близких к среднемноголетним, температурах воздуха. Наибольшее количество осадков за вегетацию было зафиксировано в июне, за месяц выпало 102,5 мм, что в два раза превышает среднемноголетние значения. Растения сои сформировали большую биомассу, период вегетации был продолжительнее предыдущих лет. Сумма активных температур за вегетационный период составила 2332°C , а значение гидротермического коэффициента – 1,50. Год был отнесен в группу лет с избыточным увлажнением ($\text{ГТК} > 1,4$).

Общая продолжительность вегетационного периода растений сои от посева до созревания – очень важный показатель, характеризующий ее экологическую пластичность в условиях конкретного региона. Обычно продолжительность вегетационного периода сои в условиях Рязанской области от посева до созревания не превышает 90–110 дней. Продолжительность вегетационного периода в годы с недостаточным количеством осадков за вегетацию уменьшалась по сравнению с годами с избыточным увлажнением в среднем на 17–20 дней (18,2 %), в основном из-за сокращения периода генеративного развития. Несколько лет (2010, 2011, 2012 гг.) выдались особенно засушливыми, когда периоды высоких

температур и малого количества осадков пришлось на вторую половину июня – июль, когда у сои происходит период цветения – формирования урожая.

Продолжительность вегетации сои, как растения короткого дня, регулируется сортовой чувствительностью к длине светового дня. Установлено, что продолжительность вегетационного периода в значительной мере определяется агроклиматическими условиями вегетационного периода, чем сортом. Однако, в случае затяжного дождливого периода в сочетании с пониженными сентябрьскими температурами может произойти так называемая «консервация» посевов, когда растения сохраняют большое количество влаги в створках плодов и семенах и замедляется созревание.

Сравнение сортов различного эколого-географического происхождения по динамическим параметрам формирования урожайности показывает, что продолжительность вегетации и отдельных периодов южных и дальневосточных сортов в значительной степени превышала сорта северного экотипа. При этом налив и созревание у этих сортов приходились на более поздний период, когда в отдельные годы среднесуточная температура была ниже биологического минимума, и семена не созревали. В условиях Центрального района Нечерноземной зоны ограничивающим фактором реализации биологического потенциала раннеспелых сортов сои являются периоды налива семян и созревания, когда среднесуточная температура может оказаться ниже 14°C. Сорта сои северного экотипа вызревали во все годы исследований.

В зависимости от региона районирования сорта, его налив и созревание приходились на периоды с разной среднесуточной температурой, при снижении которой до 14°C приостанавливается процесс созревания растений сои. Для обеспечения стабильного созревания сои в Центральном районе Нечерноземной зоны необходимо максимально сокращать два периода, когда отсутствует фотосинтез и влияния на последующую продуктивность не

будет: это периоды от посева до появления всходов и созревание. Зависимость продолжительности этих периодов от температуры воздуха и осадков рассмотрена на примере сорта сои северного экотипа Светлая (таблица 13).

Таблица 13 – Влияние температуры и осадков на продолжительность периодов посев – всходы и созревание (на примере сорта сои северного экотипа Светлая, в среднем за 2008–2020 гг.)

Продолжительность периода и метеорологические факторы	Средняя, \bar{x}	Ошибка средней, S_x	Коэффициент вариации, $V\%$	Коэффициент корреляции, r
<i>Посев – всходы</i>				
Продолжительность, дни	14	1,39	36,1	1
Осадки, мм	19	4,6	86,3	0,69
Среднесуточная температура, °С	12,5	0,8	22,7	–0,52
Сумма температур, °С	180	13,3	28,0	0,79
<i>Созревание</i>				
Продолжительность, дни	14	1,04	26,1	1
Осадки, мм	34	8,26	87,4	0,50
Среднесуточная температура, °С	16,4	1,07	23,8	–0,90
Сумма температур, °С	230	7,59	12,2	0,49

В результате проведенного анализа была установлена тесная корреляция между продолжительностью периода посев – всходы и количеством выпавших за этот период осадков ($r = 0,7$). При посеве сои в условиях агроклиматических подзон Центрального района Нечерноземной зоны при оптимальном сроке, как правило – это 2-я декада мая, всходы появляются через 10–14 дней после посева. Среднесуточная температура в среднем за

годы исследований за этот период составляла $12,5^{\circ}\text{C}$, а сумма температур, необходимая для появления всходов, составляла в среднем 180°C , при значении коэффициента вариации – 28,0 %.

Было установлено, что для полного созревания семян сорту в среднем необходима сумма температур 230°C ($V = 12,2$ %). Однако продолжительность этого периода имеет тесную взаимосвязь со среднесуточной температурой ($r = -0,90$). Большое количество осадков угнетающе сказывается на протекании периода и вызывает его затягивание. Обычно продолжительность созревания этого сорта северного экотипа составляет 18–20 дней при значениях среднесуточной температуры не выше 14°C , 12–14 дней, если среднесуточная температура составит 16 – 17°C и 9–10 дней при среднесуточной температуре 20 – 23°C .

Таким образом, можно сделать вывод, что на продолжительность вегетации и отдельных периодов оказывают влияние не только генотип сорта, но также и его норма реакции на изменение температурно-влажностного режима в течение вегетационного периода. Также было установлено, что сорта сои, относящиеся к группе раннеспелых и обладающие полудетерминантным и индетерминантным типом роста (Окская, Бара, Умка, Георгия, Лира, Аванта, Лидия, Грация) проявили большую реакцию на изменение агроклиматических условий, так как для созревания им требовался более длительный временной интервал, чем детерминантным сортам (Магева, Светлая, Касатка, Персона).

В таблице 14 приведены данные по продолжительности вегетации сортов сои в зависимости от условий влагообеспеченности. Метеорологические условия оказывали большое влияние на продолжительность вегетации и отдельных периодов. Различия между сортами максимально проявлялись в годы с наиболее благоприятными для роста и развития растений гидротермических условиях.

При оптимальных условиях увлажнения (ГТК 0,7–1,4) продолжительность вегетационного периода от всходов до созревания у всех

сортов составляла от 85 до 100 дней: у сортов сои северного экотипа – в среднем 92 дня, у южных – 95 дней, у дальневосточных – 97 дней. В условиях избыточного увлажнения у всех сортов период вегетации удлинялся в среднем на 7–10 дней, а в засушливых – сокращался в среднем на 10–14 дней.

Таблица 14 – Влияние условий влагообеспеченности на продолжительность вегетации сортов сои различного эколого-географического происхождения, дней

Сорт	Условия влагообеспеченности			
	Близкие к оптимальным (ГТК 0,7–1,4)	Избыточное увлажнение (ГТК > 1,4)	Засушливые (ГТК < 0,7)	НСР ₀₅
Магева	103	106	79	4,6
Окская	107	109	83	4,7
Светлая	96	103	82	4,6
Касатка	86	97	74	5,1
Георгия	97	105	86	4,9
Лира	112	114	91	5,1
Аванта	106	108	87	4,7
Бара	102	104	76	4,8
Персона	106	108	89	4,9
Умка	108	110	87	4,7
Лидия	110	112	89	4,9
Грация	110	112	88	4,6
НСР ₀₅	5,1	5,0	4,1	-

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 27).

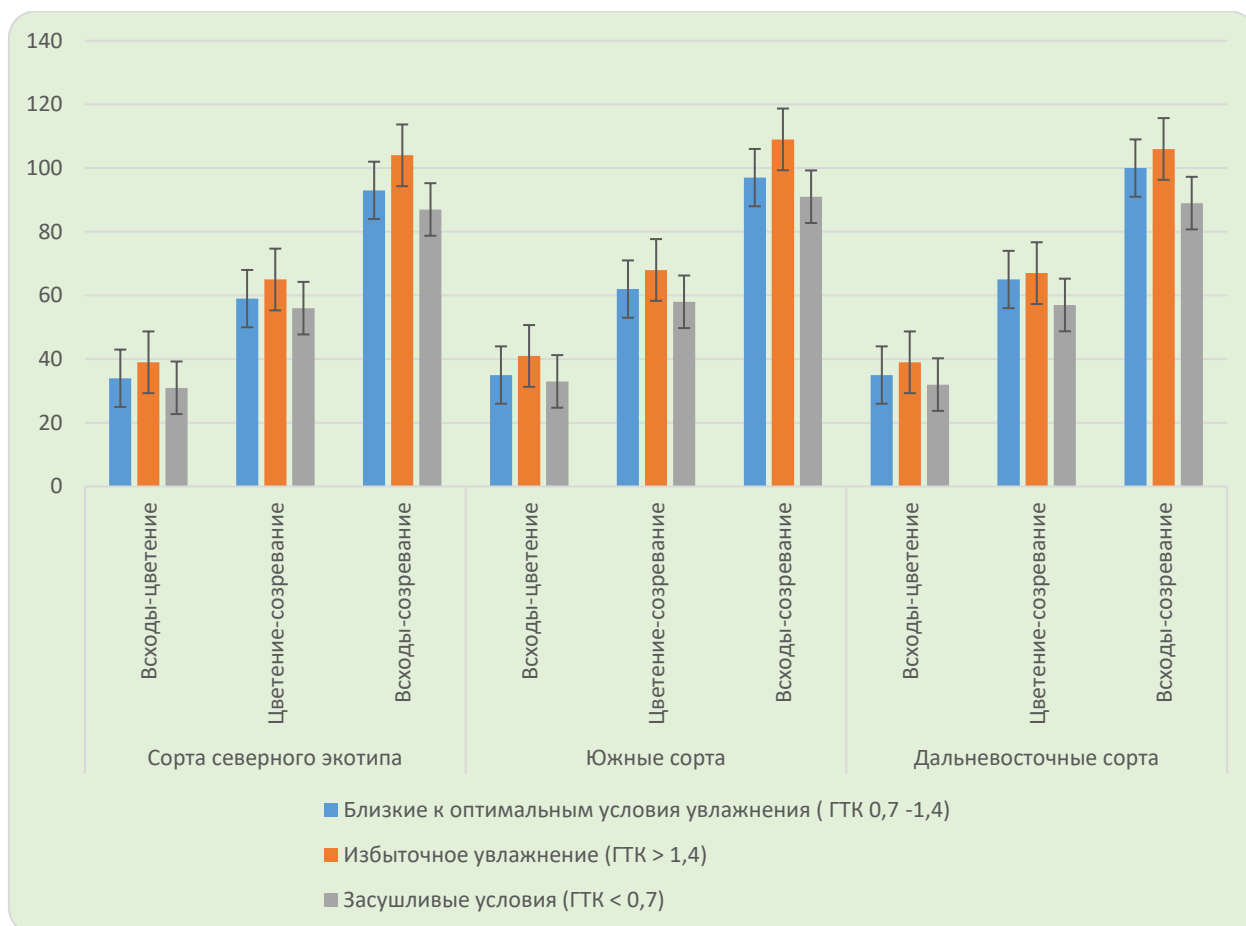


Рисунок 27 – Продолжительность вегетационного периода сортов сои различного эколого-географического происхождения в зависимости от условий влагообеспеченности

Продолжительность вегетационного периода раннеспелых сортов сои в условиях Рязанской области от посева до созревания не превышала 120 дней. 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.

Наибольшая вариабельность вегетационного периода была по годам исследований, чем по сортам в пределах одного года, что было обусловлено сортовой реакцией на определенный температурно-влажностный режим, который сложился в тот или иной год исследований. Так, вариабельность вегетации в разные годы исследований была 11,0 %, а в пределах одного года между сортами – 4,18 %.

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. Дружное 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.

Сорта сои различного эколого-географического происхождения практически не имели существенных различий в продолжительности периода от посева до появления всходов, фаза цветения наступала у всех сортов через 30–35 дней после появления всходов, но в дальнейшем проявились различия по продолжительности вегетации и отдельных периодов онтогенеза (таблица 15).

Таблица 15 – Продолжительность периодов роста и развития сои при разных условиях влагообеспеченности
вегетационного периода, дни

Сорт	Периоды, фазы											
	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян
	VE – R1	R1 – R4	R5 – R6	R7 – R8	VE – R1	R1 – R4	R5 – R6	R7 – R8	VE – R1	R1 – R4	R5 – R6	R7 – R8
	ГТК < 0,7				ГТК 0,7–1,4				ГТК > 1,4			
Магева	28	20	18	14	34	20	22	17	35	22	24	19
Окская	27	20	20	15	33	20	24	18	36	24	26	21
Светлая	26	18	18	12	32	18	22	14	34	21	23	16
Касатка	24	14	16	10	30	16	20	12	32	19	22	14
Георгия	28	18	18	12	33	18	22	14	34	21	23	16
Ли́ра	32	21	23	14	35	22	26	16	37	24	28	21
Аванта	30	19	20	13	34	20	24	16	36	22	26	20
Бара	30	19	18	10	34	20	22	14	36	21	25	18
Персона	31	20	18	13	34	21	22	16	35	23	24	20
Умка	31	20	18	13	34	22	22	16	35	24	24	20
Лидия	32	21	20	14	35	22	23	16	36	24	25	21
Грация	32	21	20	14	35	22	23	16	36	24	25	21
НСР ₀₅	1,4	0,9	0,9	0,8	1,3	1,1	1,4	0,6	1,6	1,2	1,1	0,8

Сорта в пределах одной группы имели существенные различия между собой по продолжительности отдельных периодов. Так, сорт Бара, относящийся к группе южных сортов, по продолжительности вегетационного периода, периодов цветения и образования плодов, роста плодов и налива семян приближался к сортам сои северного экотипа. Период цветения и образования плодов у южных и дальневосточных сортов был более продолжительным, чем у сортов северного экотипа, в среднем на 10–15 %.

Продолжительность вегетационного периода в годы с недостаточным количеством осадков за вегетацию уменьшалась по сравнению с годами с избыточным увлажнением в среднем на 17–20 дней (18,2 %), в основном из-за сокращения периода генеративного развития.

В засушливые годы, когда периоды высоких температур и малого количества осадков пришлись на вторую половину июня – июль, когда у сои происходит период цветения – формирования урожая. Реакцией на тепловой стресс у сои является сбрасывание цветков и абортивность семян в дальнейшем, что в конечном счете сказывается на потенциальной урожайности (таблица 16).

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 28, приложение И).

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.

Таблица 16 – Коэффициенты корреляции между продолжительностью вегетационного периода сортов сои и значением гидротермического коэффициента Селянинова

Сорта	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетацию
<i>ГТК > 1,4</i>					
Северного экотипа	0,37	0,48	0,27	0,19	0,39
Южные	0,38	0,36	0,48	0,26	0,43
Дальневосточные	0,32	0,35	0,49	0,29	0,47
<i>ГТК 0,7–1,4</i>					
Северного экотипа	0,12	0,25	0,16	0,17	0,18
Южные	0,13	0,29	0,18	0,18	0,21
Дальневосточные	0,13	0,26	0,17	0,18	0,23
<i>ГТК < 0,7</i>					
Северного экотипа	0,25	0,49	0,39	0,51	0,49
Южные	0,19	0,47	0,46	0,53	0,54
Дальневосточные	0,20	0,45	0,45	0,59	0,52

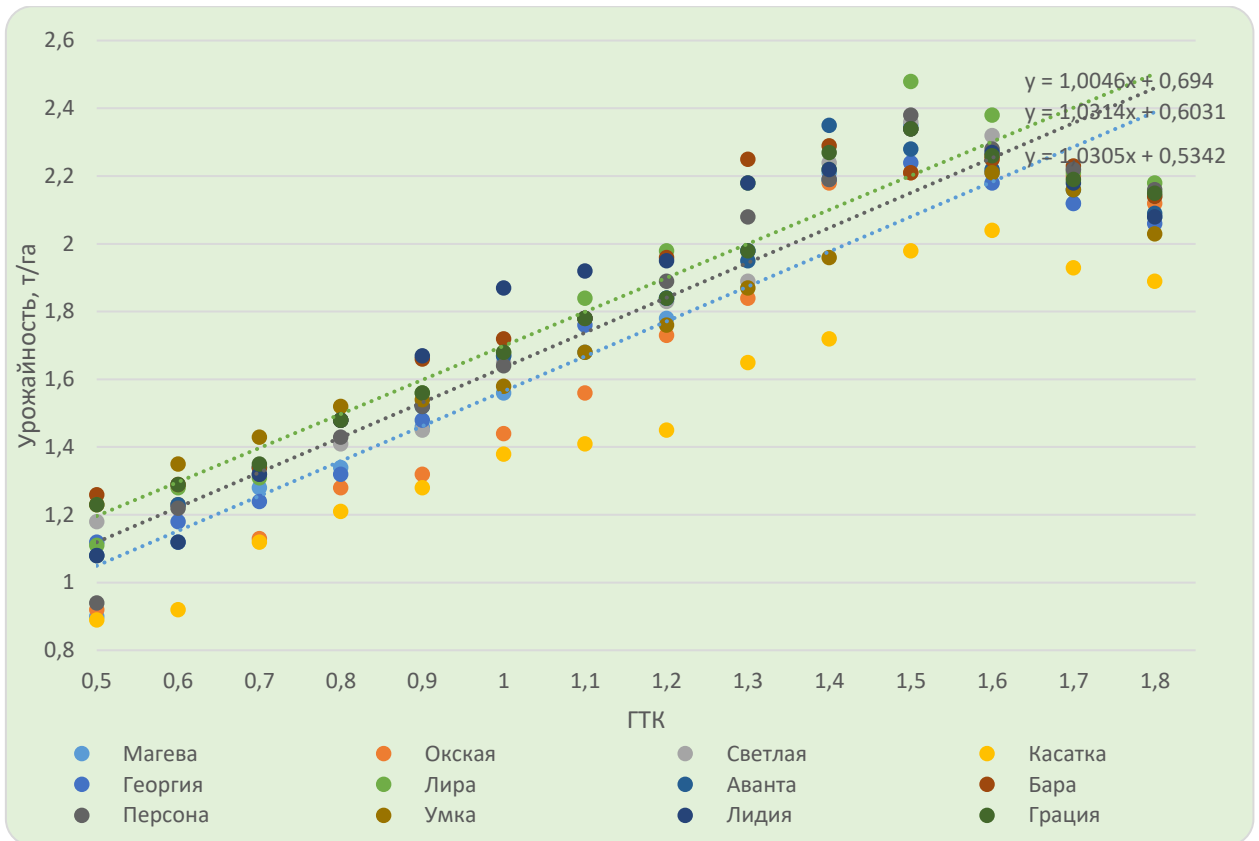


Рисунок 28 – Взаимосвязь урожайности сои и ГТК вегетационного периода

Сорта, относящиеся к группе детерминантных (Магева, Светлая, Касатка, Персона), реагировали на условия увлажнения в меньшей степени, так как для формирования урожая им требуется меньшее количество дней, они в большей степени используют весенние запасы влаги из почвы, бобы формируются на главном побеге, рост их ограничен и урожайность тоже (рисунок 29).



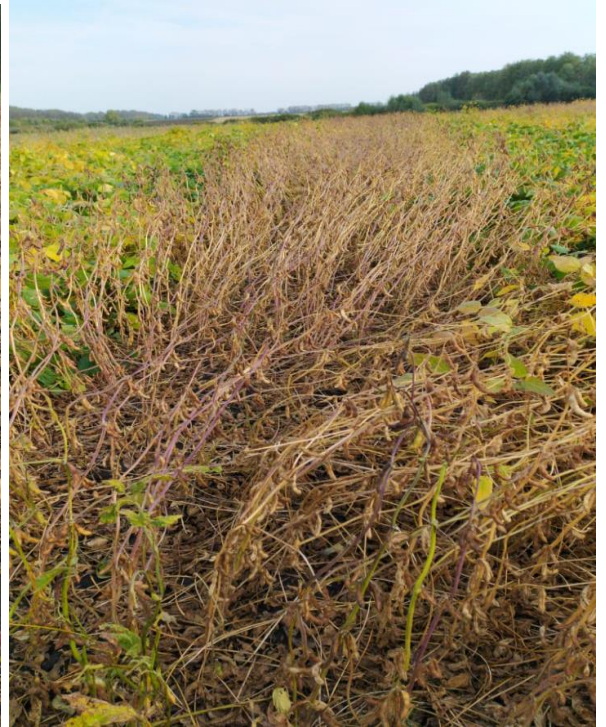
а)



б)



в)



г)

Рисунок 29 – Сорты сои различного эколого-географического происхождения к фазам R7–R8 (начало созревания – полное созревание): а) Светлая; б) Лира; в) Бара; г) Умка

Сорта полудетерминантного и индетерминантного типа роста (Окская, Бара, Умка, Георгия, Лира, Аванта, Лидия, Грация) при более благоприятных условиях температурно-влажностного режима вегетационного периода формировали побеги второго и третьего порядка и показывали большую урожайность

Для оценки степени воздействия агроклиматических факторов на продуктивность сортов сои был выполнен статистический анализ, выраженный в расчете коэффициента корреляции Пирсона (таблица 17).

Таблица 17 – Коэффициенты корреляции между урожайностью сои и погодными условиями в течение вегетационного периода (в среднем за 2008–2020 гг.)

Показатели	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетацию
<i>Сорта северного экотипа</i>					
Урожайность-температура	0,13	0,65	0,46	0,28	0,56
Урожайность-ГТК	0,12	0,38	0,52	0,16	0,48
<i>Южные сорта</i>					
Урожайность-температура	0,12	0,42	0,68	0,32	0,58
Урожайность-ГТК	0,11	0,32	0,50	0,19	0,52
<i>Дальневосточные сорта</i>					
Урожайность-температура	0,11	0,48	0,64	0,30	0,56
Урожайность-ГТК	0,11	0,35	0,46	0,18	0,46

Была установлена степень взаимозависимости изучаемых факторов: урожайности, осадков, среднесуточной температуры и гидротермического коэффициента Селянинова по месяцам и за вегетационный период.

Многими исследователями, в том числе и зарубежными, путем сравнения гидротермических условий, было установлено, что продуктивность сои заметно коррелирует со среднемесячной июльской и августовской температурой воздуха и с июньскими и июльскими осадками (Vico G., Way D.A., et al., 2019).

Заметная корреляция выявлена между урожайностью и температурой у сортов сои северного экотипа в июне, у южных и дальневосточных сортов – в июле. В эти же месяцы выявлена умеренная корреляция с условиями увлажнения.

В условиях Рязанской области температура воздуха оказывала неравнозначное влияние на урожайность сортов сои различного эколого-географического происхождения. В начале вегетации температурно-влажностный режим не оказывал существенного влияния на продуктивность сои, корреляция была положительная, но незначительная. На урожайности южных и дальневосточных сортов негативно отражались повышенные июньские и июльские температуры, в то время как на продуктивность сортов сои северного экотипа более негативное влияние оказывали засушливые условия в июне.

Анализируя связь продуктивности сортов сои и количества выпавших осадков, можно отметить их положительную корреляционную связь в июне и июле, причем урожайность сортов сои северного экотипа в большей степени зависит от осадков, выпавших в июне ($r = 0,612$), а южных и дальневосточных – в июле ($r = 0,529$ и $r = 0,537$ соответственно). Значения ГТК Селянинова коррелируют с урожайностью сортов сои аналогично условиям увлажнения.

Сумма накопленных активных температур за вегетацию является достаточно стабильным показателем для каждого конкретного сорта, вне

зависимости от погодных условий в период вегетации. При различных погодных условиях может значительно сократиться или, наоборот, увеличиться продолжительность вегетационного периода растений, однако сумма температур подвержена таким колебаниям в значительно меньшей степени.

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 (рисунок 30).

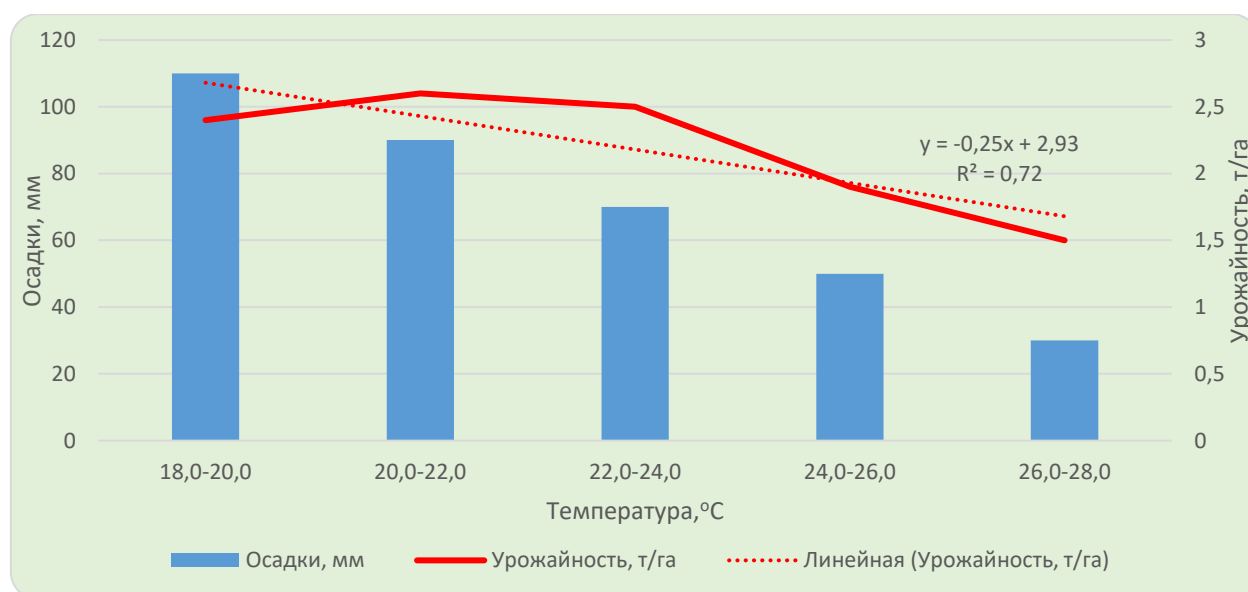


Рисунок 30 – Взаимосвязь продуктивности сои с гидротермическими условиями в период R1 – R6 (цветение – полный налив семян)

Гидротермический коэффициент является интегрированным показателем атмосферных осадков и температуры воздуха, однако не столько суммарный ГТК является критерием хорошего или плохого развития

посевов, сколько равномерность распределения осадков по периодам вегетации, особенно их достаточное количество в критические периоды бутонизации – цветения – образования плодов.

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 (коэффициент корреляции $r = 0,620$), а южных и дальневосточных сортов – от осадков в августе ($r = 0,770$).

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

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 Центрального района Нечерноземной зоны (рисунок 31).



Рисунок 31 – Модели сортов сои, рекомендуемые для выращивания в зависимости от агроклиматической подзоны

Центрального района Нечерноземной зоны

Температурно-влажностный режим территорий, входящих в агроклиматические подзоны Центрального района Нечерноземной зоны, с учетом произошедших изменений за последние десятилетия имеет существенные различия. Так, 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.

Исследуемые раннеспелые сорта сои имели 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 достаточно тесно коррелировала с температурно-влажностным режимом. Сокращение вегетационный периода в засушливые годы обеспечивалось, прежде всего, сокращением генеративного периода R1–R8 (начало цветения – полное созревание) у всех исследуемых сортов сои.

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.

Заключение по главе 4

Принимая во внимание неизбежность дальнейших климатических изменений и необходимость адаптации к ним сельскохозяйственного производства, одним из ключевых факторов повышения его эффективности является пересмотр критериев подбора сортов сои для конкретных агроклиматических условий региона возделывания.

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.

ГЛАВА 5. ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ

5.1. Системный подход к анализу динамических характеристик продукционного процесса сои

Выращивание сои в Центральном районе Нечерноземной зоны зачастую ограничивается ее продолжительной вегетацией и недостатком тепловых ресурсов в период налива и созревания семян. Характеристика различных раннеспелых сортов сои имеет большое значение для ее производства в данном регионе. Для управления формированием урожая необходимо учитывать особенности продукционного процесса у сои на разных этапах развития растений. Фазы репродуктивного развития на разных ярусах растения не совпадают. Когда на верхнем ярусе раскрываются цветки, в среднем отмечается завязывание плодов (бобов), а в нижнем в это время плоды достигают уже определенных размеров. С началом цветения, когда растения вступают в период репродуктивного развития, одновременно усиливается вегетативный рост.

Параметры формирования урожая, относящиеся к первой группе и отражающие нетто-фотосинтез посева, следующие: 1) нарастание сухой биомассы (в исследованиях обычно наземная сухая биомасса) – общей и (или) отдельных органов в $г/м^2$ или в $кг/га$ (СМ); 2) нарастание ассимиляционной поверхности (обычно площади листьев) в тыс. $м^2/га$ (ПЛ) или представленное как индекс листовой поверхности ($м^2/м^2$) – ИЛП.

Вторая группа включает показатели, отражающие результаты функционирования посева за определенный период или в целом за период активной фотосинтетической деятельности агроценоза. К ним относятся следующие параметры:

– фотосинтетический потенциал (ФП), тыс. $м^2$ дн. $га^{-1}$;

– чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) отражает интенсивность создания в процессе фотосинтеза сухой биомассы за сутки 1 м^2 листовой поверхности – $\text{г м}^{-2} \text{ дн}^{-1}$;

– прирост сухой массы за период (ПСМ), г м^{-2} или кг га^{-1} ;

– скорость роста посева (СРП) – прирост сухой массы на 1 м^2 или на 1 га за сутки, в англоязычной литературе – Crop growth rate (CGR), $\text{г м}^{-2} \text{ дн}^{-1}$ или $\text{кг га}^{-1} \text{ дн}^{-1}$.

Формирование конечного урожая зависит от баланса между вегетативным ростом и репродуктивным развитием. Этот совместный период вегетативного и репродуктивного роста очень важен, так как в это время определяется число плодов и семян на 1 м^2 . В связи с указанными особенностями вегетативного роста, растянутого генеративного развития, а также потребностью в специальных условиях для эффективной азотфиксации, соя очень чувствительна к стрессовым факторам среды, особенно в определенные, критические периоды онтогенеза.

Посев сои, как фотосинтезирующая система, наиболее интенсивно функционирует в течение II и III периодов, продолжительность которых составляет порядка 40 % от вегетационного периода, но формируемая за это время сухая биомасса растений достигает 75 %. Коэффициент использования ФАР в эти периоды превышает предыдущие и последующие в 2,5–3,0 раза.

Накопление сухой биомассы сои к фазе R5 определяет потенциальную урожайность семян. Кроме того, большое значение для анализа продукционного процесса имеет показатель скорости роста посева (Crop Growth Rate). Величина сухой биомассы у сои в этот критический период очень важна для формирования компонентов урожая, особенно в связи с действием абиотических факторов, таких как водный стресс. От ее величины зависит число плодов и семян на 1 м^2 .

Во многих работах, посвященных исследованиям формирования урожая у зернобобовых культур, приводятся определенные динамические характеристики продукционного процесса. Однако весьма затруднительно

сравнивать динамические показатели, полученные в разные годы испытания, в разных местах, а также привлекать для обсуждения литературные источники, если эти динамические характеристики (например, нарастание биомассы, ассимиляционная поверхность) представлены на дату или на определенный день после появления всходов, так как состояние посева (микрофаза) у разных культур и сортов на одну и ту же календарную дату или день от всходов будет разным.

Если на момент биометрических измерений указываются такие фазы, как фаза цветения, фаза выполненных бобов, без уточнения микрофазы, то полученные данные трудно интерпретировать и сравнивать с результатами исследований других авторов. Американские исследователи (Egli D.V., 2010), изучающие формирование урожая у сои, придерживаются разработанной для сои шкалы микрофаз, благодаря которой более детально обозначаются этапы вегетативного роста ($V1 - Vn$) и генеративного развития ($R1 - R8$) растений, позволяя сравнивать этапы продукционного процесса разных сортов сои на определенную фазу по разным вегетационным периодам, регионам возделывания и проводимым исследованиям. Возможность и точность определения начала и конца каждого периода по морфологическим признакам, аналогичным у всех сортов сои, позволяют изучать и сравнивать разные сорта сои при разных условиях произрастания не только по конечной величине развития системы – урожайности семян, но и по всем динамическим показателям, характеризующим посев в конце каждого периода.

Урожайность культуры определяется фотосинтетической деятельностью посева как целостной, динамической, саморегулирующейся системы, меняющей свои параметры во времени. Отдельные биологически обоснованные последовательные периоды в развитии этой системы можно рассматривать как подсистемы, отображающие качественно новое состояние системы.

В основе примененного в исследованиях методологического подхода лежит рассмотрение посева (ценоза) как фотосинтезирующей системы, постепенно, поэтапно формирующей урожай семян (конечная цель развития системы) через рост, фотосинтез и другие физиологические процессы, интенсивность и направленность которых изменяется в процессе развития. Биологически обоснованные периоды в развитии растений выделяются как подсистемы, каждый из которых завершается одной или несколькими выходными величинами, важными с точки зрения формирования урожая. Это позволяет изучать изменения в системе по изменениям в его звеньях, изучать специфические системные качества.

Исследования были посвящены последовательному выявлению тех особенностей фотосинтеза посева и формирования элементов продуктивности в предшествующий период, которые обуславливают существенное изменение состояния посева в последующий период и в конечном счете изменение урожайности и накопление протеина. Кроме того, было выявлено влияние изменения метеорологических условий в каждый из периодов на вариабельность параметров продукционного процесса в динамике.

Рассмотрим взаимодействие внешней среды и системы на примере агрофитоценоза сои как динамической саморегулирующейся системы (рисунок 32). На входе воздействие на систему оказывают различные факторы, которые можно разделить на две группы: биогенные (фотосинтетически активная радиация, температура воздуха, количество выпавших за период осадков) и антропогенные (применяемые элементы технологии, особенности минерального питания в почве и внесенные в виде подкормок и удобрений и т.д.) факторы.

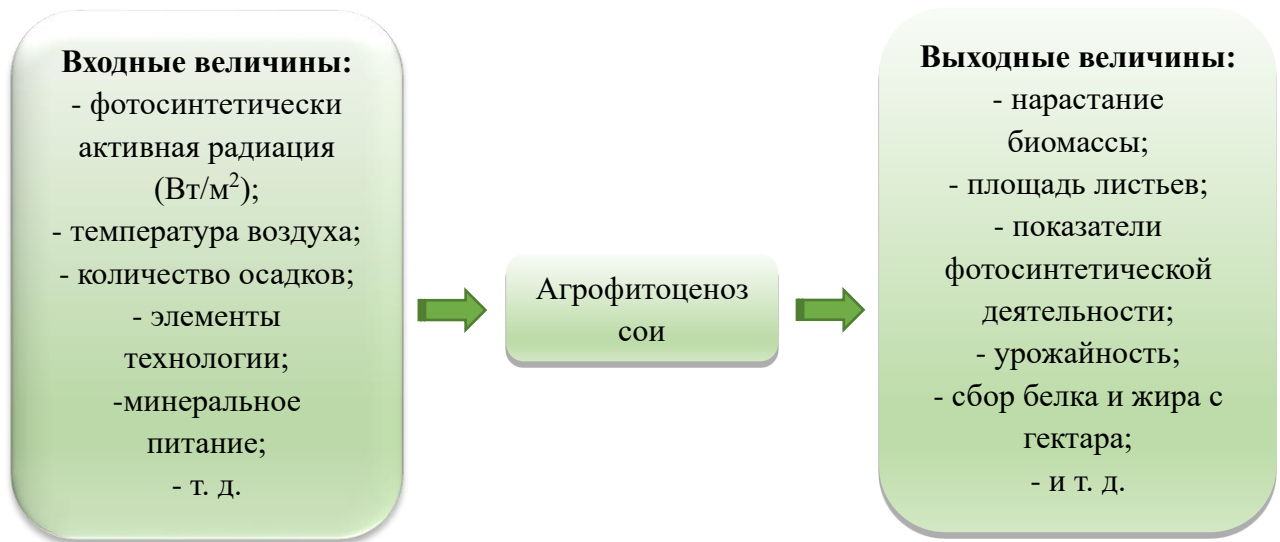


Рисунок 32 – Взаимодействие системы и среды на примере агрофитоценоза сои

Агрофитоценоз сои, потребляя входные величины, является преобразователем, и на выходе получаем приросты биомассы, площади листьев, изменение показателей фотосинтетической деятельности, сбор конечного урожая, а также белка и жира с единицы площади. Например, применение биопрепаратов в агрофитоценозе сои и его результат можно отобразить следующим образом: на входе системы прием «применение биопрепарата», затем, посредством преобразования в системе «агрофитоценоз сои», получаем на выходе результат – «повышение урожайности» (рисунок 33). Однако, можно конкретизировать входные (различные дозы биопрепарата, сроки вегетации, способы внесения и т.д.) и выходные величины (урожайность культуры, сбор белка, жира и т.д.). Таким образом, получаем дифференцированные входные и выходные величины, которые позволят исследователю получить более широкое представление о воздействии того или иного биопрепарата на систему «Агрофитоценоз сои».



Рисунок 33 – Принцип «черного ящика»

Агроценоз как динамическая фотосинтезирующая система характеризуется рядом показателей. Эти показатели делятся на две группы. Первая группа отражает состояние посева на определенный выделенный момент вегетации культуры. Разные авторы в своих исследованиях этот момент обозначают по-разному: например, указывают фазу (бутонизация, цветение, выполненные бобы), не уточняя, на каком ярусе, узле, побеге растения отмечается данная фаза. В других случаях указывается календарная дата или день от всходов. Такие данные трудно сопоставимы при изучении разных генотипов в зависимости от места и года исследований, а также в сравнении с данными других авторов. Американские исследователи сои пользуются разработанной для этой культуры шкалой микрофенологии.

В исследованиях динамические параметры продукционного процесса сортов сои различного эколого-географического происхождения рассматривались в разрезе периодов-подсистем с указанием морфологических признаков растений, определяющих границы периодов, общих для всех изучаемых сортов (рисунок 34).



Рисунок 34 – Формирование урожая сои по периодам с основными выходными показателями

Период I – «Всходы – начало цветения» (фазы VE – R1) начинается от всходов до раскрытия первого цветка на растениях. В этот период происходит нарастание главного побега, листьев и формирование бутонов. Основным контролируемым выходным показателем этого периода является учет величины нарастания ассимиляционной поверхности.

Период II – «Цветение и образование плодов» (фазы R1 – R2) начинается с раскрытием первого цветка на нижнем узле и заканчивается, когда верхние цветки на растениях опадают, или из них образуются завязи плодов. В этот период происходит цветение и образование плодов, продолжается рост побегов. Выходными учетными величинами являются максимальная площадь листьев, число сформировавшихся плодов на 1 м².

В течение периода III – «Рост плодов» (фазы R3 – R4) происходит увеличение размера створок плодов и развитие семян, к концу периода плоды достигают максимальных размеров, а их створки – максимальной массы. Основными выходными учетными величинами периода являются число семян на 1 м², накопление биомассы, накопление протеина, площадь листьев и масса плодов.

К началу периода IV – «Налив семян» (фазы R5 – R6), когда плоды на верхних ярусах растений вступают в фазу выполненных бобов, приобретают максимальные линейные размеры, а створки бобов достигают максимальной за вегетацию сырой и сухой массы. К моменту окончания налива семян отмечается пожелтение плодов, семена приобретают характерную для сорта окраску, листья становятся желтыми или полностью опадают. Основными выходными учетными показателями периода являются сухая масса семян и урожай биомассы.

Наступает период V – «Созревание» (фазы R7 – R8), когда створки плодов и семена теряют влагу. К концу периода учитывается урожай созревших семян и сбор протеина с урожаем.

Динамические показатели определяются по морфологическим признакам, разграничивающим периоды, на конец каждого периода и

обсуждаются в исследованиях в связи с их влиянием на формирование плодов, семян, массу 1000 семян и урожайность.

5.2. Особенности фотосинтетической деятельности и динамические характеристики продукционного процесса раннеспелых сортов сои

В последние десятилетия, благодаря потеплению климата, расширяются возможности внедрения в агроклиматических условиях Центрального района Нечерноземной зоны новых сортов сои, обладающих большей потенциальной урожайностью, благодаря полудетерминантному или индетерминантному типу роста и другим факторам.

Известно, что у сои, как и других зернобобовых культур, отмечается нестабильность урожайности по годам. В результате исследований было установлено, что влияние агрометеорологических условий года оказывает наибольшее воздействие на рост и развитие растений сои по сравнению с влиянием генотипа. Диагностика продукционного процесса позволяет в дальнейшем скорректировать приемы по оптимизации созревания сои в неблагоприятных погодных условиях вегетационного периода.

В разные годы складывались уникальные сочетания погодных условий в процессе формирования урожая. Каждый год отмечались отклонения от среднеголетних условий. При интродукции сортов сои в новые районы важно учитывать температурно-влажностный режим региона возделывания.

До фазы R1 (начало цветения) нарастание сырой биомассы происходило очень медленно и составляло к наступлению этой фазы у всех сортов сортовых различий к этому моменту не наблюдалось. Наиболее интенсивное нарастание биомассы происходит в межфазный период R1 – R4 (цветение и образование плодов), к завершению этого периода сырая биомасса растений достигала своего максимума (таблица 18).

Таблица 18 – Сырая биомасса сортов сои различного эколого-географического происхождения к завершению периодов развития в разных условиях влагообеспеченности, т/га

Сорт	Периоды, фазы											
	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян
	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6	VE – R1	R1 – R2	R1 – R2	R3 – R4	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6
	ГТК < 0,7				ГТК 0,7–1,4				ГТК > 1,4			
Магева	3,12	16,2	8,25	6,75	3,55	20,6	11,4	9,7	4,85	24,8	13,8	11,3
Окская	3,33	17,2	8,82	7,25	3,92	22,3	12,2	10,4	5,17	26,7	14,6	11,8
Светлая	2,84	15,8	8,42	6,78	3,10	20,8	11,8	9,8	4,38	25,8	14,2	11,4
Касатка	2,58	13,4	6,85	5,35	3,05	18,2	9,8	8,5	4,25	22,8	11,6	10,2
Георгия	2,68	15,9	8,75	6,45	3,18	20,9	11,7	9,8	4,46	25,7	14,4	11,2
Ли́ра	3,68	17,6	10,2	8,85	4,15	23,5	13,5	12,8	5,27	28,6	15,5	14,7
Аванга	3,12	16,4	9,75	7,46	3,55	21,8	12,5	10,8	4,76	26,5	14,9	12,8
Бара	2,98	15,2	7,56	6,85	3,28	20,3	10,4	10,2	4,45	24,3	12,4	11,4
Персона	2,75	15,4	8,46	7,34	3,16	20,7	11,4	10,8	4,39	25,6	13,9	12,7
Умка	2,84	16,2	8,65	7,56	3,48	21,6	11,9	11,0	4,65	26,7	14,4	12,5
Лидия	3,12	17,5	9,48	7,89	3,58	23,2	12,5	11,5	4,89	29,4	15,2	13,4
Грация	3,16	17,3	9,24	7,34	3,98	22,9	12,3	11,2	5,12	28,6	14,8	13,6
НСР ₀₅	0,15	0,75	0,40	0,32	0,15	0,98	0,54	0,58	0,28	1,32	0,65	0,58

В годы с засушливыми условиями и условиями влагообеспеченности, близкими к оптимальным значение величины сырой биомассы от всходов до начала цветения составляло в среднем по сортам 2,58–4,15 т/га, в условиях избыточного увлажнения – до 5,12–5,27 т/га.

Максимальных значений сырая биомасса достигала ко II периоду (цветение и образование плодов) и составляла от 13,4–15,9 т/га в засушливых условиях до 22,8–28,6 т/га в условиях избыточного увлажнения. Наименьшие значения сырой биомассы были отмечены в этот период у сорта сои северного экотипа Касатка и составили 13,4 т/га – в засушливых условиях, 18,2 т/га – в условиях влагообеспеченности, близких к оптимальным и 22,8 т/га – в условиях избыточного увлажнения. Максимальные значения биомассы были у сорта Лира и составили соответственно 17,6 т/га, 23,5 т/га и 28,6 т/га.

При формировании урожая особое значение имеет величина накопления сухой биомассы к моменту завершения образования бобов на растениях, так как их максимально возможное количество в расчете на растение и на единицу площади в это время уже сформировалось. Поэтому величина сухой биомассы в этот период может характеризовать потенциал урожайности.

Динамика накопления сухой биомассы является интегрирующей величиной фотосинтеза посева сои. В течение I периода формируется примерно одинаковое количество сухой биомассы – 0,92–1,28 т/га в зависимости от степени влагообеспеченности и сорта (таблица 19).

Таблица 19 – Сухая биомасса сортов сои различного эколого-географического происхождения к завершению периодов развития в разных условиях влагообеспеченности, т/га

Сорт	Периоды, фазы											
	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян
	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6
	ГТК < 0,7				ГТК 0,7–1,4				ГТК > 1,4			
Магева	0,94	2,52	3,42	1,84	0,98	4,52	5,18	3,62	1,18	5,08	5,72	3,72
Окская	0,96	2,68	3,56	1,96	1,15	4,87	5,38	3,85	1,25	5,32	5,94	4,12
Светлая	0,94	2,46	3,43	1,85	1,08	4,65	5,25	3,75	1,20	5,27	5,82	4,05
Касатка	0,92	2,12	3,27	1,65	0,96	4,18	5,12	3,45	1,05	4,78	5,58	3,85
Геоργия	0,94	2,36	3,46	1,83	1,05	4,58	5,26	3,62	1,22	5,25	5,82	4,02
Ли́ра	0,98	2,84	3,78	2,18	1,16	5,28	5,52	4,28	1,28	5,58	6,75	4,32
Аванга	0,94	2,72	3,45	1,87	1,12	4,86	5,38	3,98	1,19	5,32	6,32	4,06
Бара	0,96	2,52	3,34	1,76	0,97	4,45	5,18	3,65	1,08	4,92	5,94	3,92
Персона	0,94	2,58	3,45	1,86	0,98	4,75	5,45	3,85	1,12	5,18	6,08	3,98
Умка	0,96	2,63	3,56	1,94	0,86	4,85	5,36	3,98	1,16	5,25	6,27	4,18
Лидия	0,97	2,74	3,58	2,08	1,12	5,12	5,68	4,35	1,21	5,48	6,72	4,28
Грация	0,95	2,78	3,63	1,98	1,14	5,18	5,58	4,32	1,24	5,36	6,84	4,22
НСР ₀₅	0,05	0,15	0,32	0,12	0,07	0,22	0,29	0,22	0,08	0,23	0,32	0,18

За время следующего II периода – цветения и образования плодов – который является менее продолжительным, чем I период, происходит 2–3-кратный прирост биомассы. Таким образом, посев в течение II периода функционирует наиболее интенсивно как фотосинтезирующая система, при этом генеративные органы растения занимают в общей сухой биомассе незначительный удельный вес. Величина среднесуточных приростов в этот период возрастала в среднем по сортам в 5 раз – от 120–170 кг/га у сортов Касатка, Магева, Светлая и Бара до 160–250 кг/га у сортов Окская, Георгия, Аванта, Персона и Умка. Наибольшие приросты были отмечены в этот период у сортов Лира, Лидия и Грация, которые достигали 270 кг/га в сутки.

Во время III периода завершается вегетативный рост растений, лишь в очень влажные годы при значениях ГТК $> 1,4$ отмечалось дальнейшее нарастание биомассы и в течение IV периода, вегетационный период в такие годы был более продолжительным, особенно при большом количестве осадков в августе – начале сентября. В условиях избыточного увлажнения максимальная величина биомассы достигала 6,75 т/га у южного сорта Лира, который оказался наиболее отзывчивым на повышение влагообеспеченности, у сортов северного экотипа максимальную биомассу в условиях высокой влагообеспеченности вегетационного периода формировал сорт Окская (5,94 т/га), у дальневосточных – сорт Грация (6,42 т/га).

При ГТК 0,7–1,4 сухая биомасса к концу III периода достигала максимальных значений и составляла по группам сортов – от 5200 кг/га у сортов северного экотипа до 5700 у южных сортов. При этом сухая биомасса генеративных органов к концу этого периода составляла 35–40 % от общей сухой биомассы растений. В засушливых условиях вегетационного периода (ГТК $< 0,7$) составляла к концу периода от 3200 кг/га у сортов северного экотипа до 3700 кг/га сухой биомассы у южных сортов (рисунок 35).

В засушливых условиях вегетационного периода максимальная величина сухой биомассы была практически в 2 раза ниже, чем в условиях, близких к оптимальным и составила у сортов сои северного экотипа – 3200–

3500 кг/га, у южных – 3300–3700 кг/га и у дальневосточных – 3400–3600 кг/га.

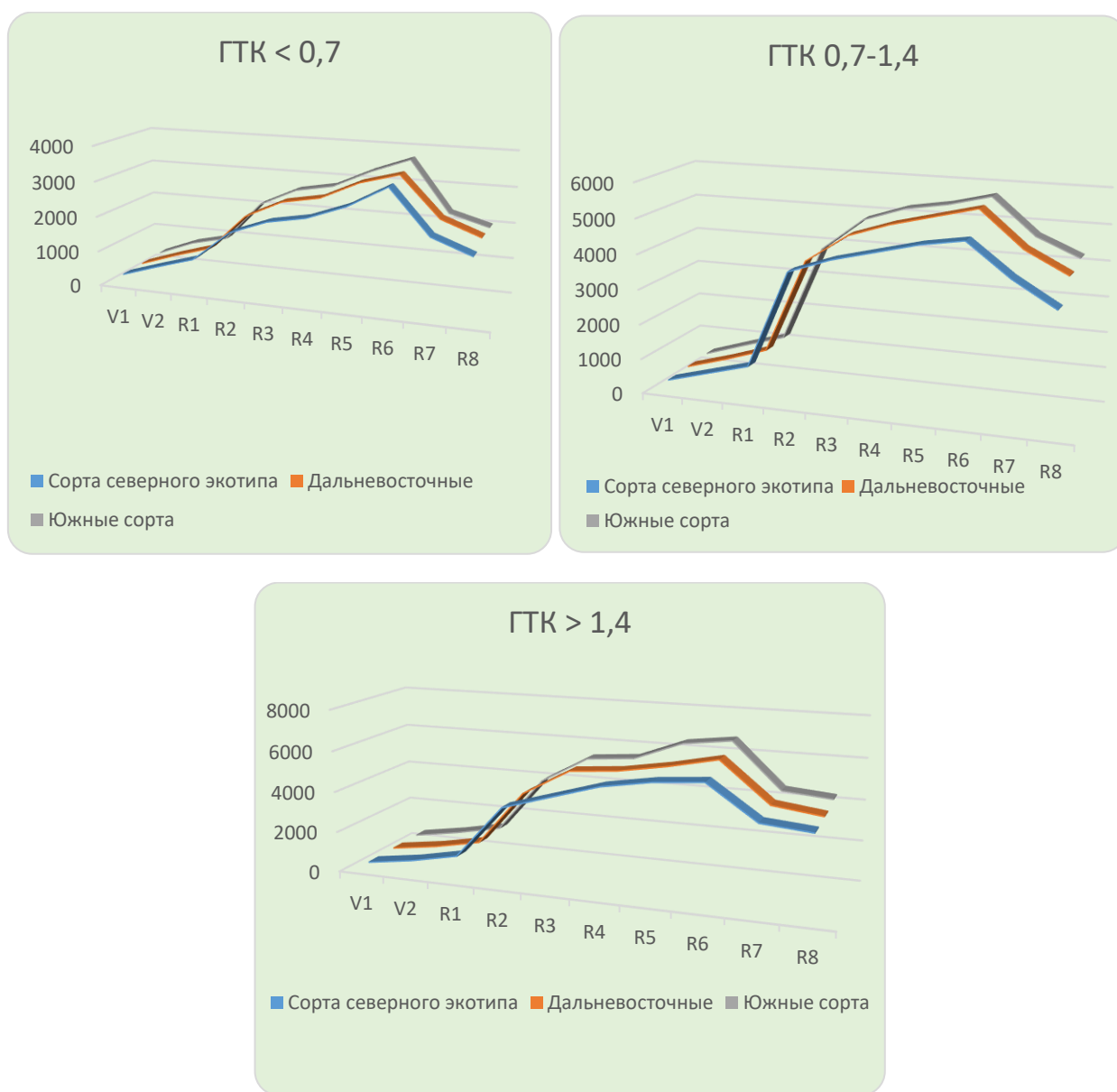


Рисунок 35 – Динамика нарастания сухой биомассы у сортов сои различного эколого-географического происхождения в разные по агрометеорологическим условиям годы

Влияние водного стресса на указанные параметры проявилось в полной мере в засушливом 2010 г. Гидротермические условия первой половины вегетационного периода до цветения были достаточно благоприятными для

ростовых процессов. Максимальные приросты сухой биомассы были зафиксированы в период V4 – R2 (четвертый узел – полное цветение) и составили в среднем по сортам 1100–1600 кг/га. Однако наступившая засуха угнетающе действовала на интенсивность ростовых процессов, приросты снизились в 3 раза, а их продолжительность – в 2 раза. Затем наступили неблагоприятные погодные условия, которые совпали с фазой цветения у сои, дальнейших приростов сухой биомассы не было.

Таким образом, в 2010 г. максимальные приросты сухой биомассы были в 2,5 раза меньше, чем в относительно благоприятные годы, что крайне негативно сказалось в дальнейшем на формировании урожайности семян. Сорта с более продолжительным периодом вегетации и полудетерминантным типом роста развивались, начиная со II периода по типу детерминантных.

Одной из задач исследований было выявление особенностей формирования урожая сортов сои и их реакции на стрессовые для растений условия, связанные с засухой в отдельные годы или в отдельные периоды формирования урожая. Метеорологические условия обычно оказывают сильное влияние на ростовые процессы, особенно в первой половине вегетации от всходов до начала цветения и в последующий период (рисунок 36).

Высота растений сои к началу цветения при достаточном количестве влаги составлял в среднем по сортам 68–75 см. Сорта сои северного экотипа достигали в высоту 68–70 см, южные и дальневосточные – до 95 см. В засушливые годы, когда период дефицита осадков устанавливался в самом начале вегетации, высота растений сои была наименьшей и составляла у всех сортов 55–57 см, при этом сортовые различия в этих условиях были минимальными, все сорта развивались по детерминантному типу роста.

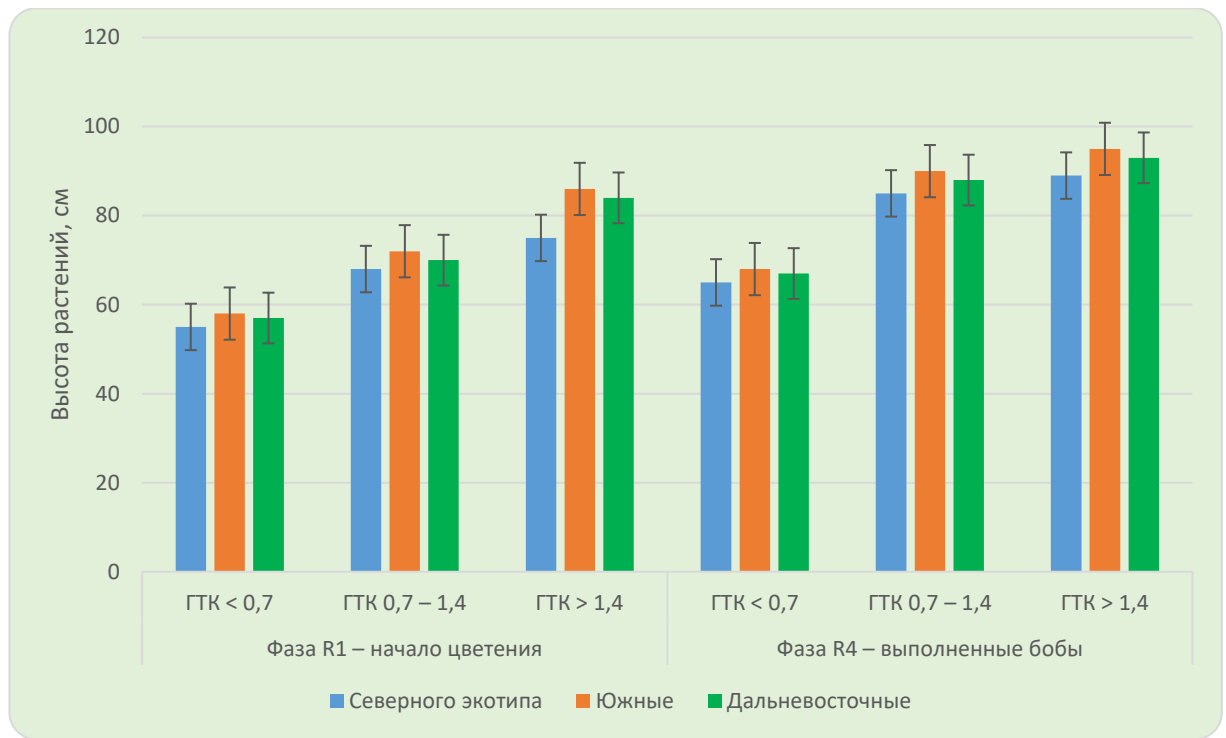


Рисунок 36 – Динамика высоты растений сортов сои различного эколого-географического происхождения в разные по степени обеспеченности влагой годы

В период R1 – R4 (цветение и образование плодов) одновременно с цветением и образованием плодов происходит интенсивный вегетативный рост, достигая к его завершению максимальных значений. В среднем, для всех сортов прирост растений за этот период составил 20 см, вариация в связи с действием метеорологических условий была более низкой, чем в предшествующий период.

В период от всходов до начала цветения у всех изучаемых сортов листовая поверхность нарастала достаточно медленно и составляла к концу периода от 12,4–17,8 тыс. м²/га в засушливых условиях до 36,7–47,2 тыс. м²/га в условиях избыточного увлажнения вегетационного периода (таблица 20).

Таблица 20 – Площадь листьев сортов сои различного эколого-географического происхождения к завершению периодов роста и развития в разных условиях влагообеспеченности, тыс. м²/га

Сорт	Периоды, фазы											
	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян
	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6
	ГТК < 0,7				ГТК 0,7–1,4				ГТК > 1,4			
Магева	14,2	26,2	18,8	9,7	21,2	36,8	25,7	12,8	24,8	42,5	32,4	18,7
Окская	15,4	26,7	19,4	10,2	22,8	37,4	26,4	13,5	28,6	44,6	33,8	19,3
Светлая	14,5	25,4	19,2	9,5	21,8	36,2	24,6	12,9	26,7	42,2	31,9	18,4
Касатка	12,4	19,8	14,3	6,3	17,6	32,4	19,8	9,5	20,2	36,7	27,5	14,2
Георгия	13,8	23,6	17,6	8,2	21,4	36,4	24,5	12,7	25,7	41,4	30,2	17,8
Лира	17,8	28,2	21,2	12,3	26,8	39,4	27,2	14,4	29,4	47,2	48,4	21,8
Аванга	14,5	26,2	18,5	10,8	24,3	38,2	26,8	13,2	27,3	45,4	34,8	19,8
Бара	13,2	20,4	15,2	8,7	21,5	35,8	23,4	11,4	23,4	37,2	29,3	15,7
Персона	14,8	24,3	16,8	9,8	23,2	36,8	24,1	12,8	26,8	42,4	33,8	18,6
Умка	15,2	24,8	17,2	10,2	22,7	37,2	24,5	12,5	27,4	43,7	34,5	19,2
Лидия	15,8	25,6	17,8	10,5	25,6	37,8	26,3	13,2	28,8	44,9	43,9	19,8
Грация	16,2	25,8	17,9	10,7	25,9	38,4	26,8	13,4	29,2	45,6	42,6	20,4
НСР ₀₅	0,76	1,2	0,85	0,60	1,08	1,84	1,24	0,65	1,32	2,15	1,55	0,85

После наступления II периода и до его завершения листовая поверхность интенсивно нарастала и достигала максимальных значений к его завершению, и лишь в условиях избыточного увлажнения у некоторых сортов (Ли́ра, Ли́дия и Гра́ция) отмечался незначительный прирост в течение третьего периода. У большинства же изучаемых сортов размер листовой поверхности достигал максимальных значений к концу периода II и составлял в зависимости от условий влагообеспеченности 19,8–28,2 тыс. м²/га в засушливых условиях до 36,7–47,2 тыс. м²/га в условиях избыточной влагообеспеченности вегетационного периода. Наибольшую листовую поверхность формировали сорта, которые при благоприятных условиях способны развиваться по типу полудетерминантных и индетерминантных (Окская, Бара, Умка, Георгия, Ли́ра, Аванта, Ли́дия, Гра́ция). Площадь листьев сортов сои, развивающихся по детерминантному типу (Магева, Светлая, Касатка, Персона) была на 15–20 % ниже.

С наступлением III периода площадь листовой поверхности начинала сокращаться в среднем по сортам и годам исследований на 6,7–10,6 тыс. м²/га и составляла от 14,3–21,2 тыс. м²/га в засушливых условиях до 27,5–48,4 тыс. м²/га в условиях избыточного увлажнения.

Индекс листовой поверхности приближался к оптимальному в годы с близкими к оптимальным условиям влагообеспеченности, когда площадь листьев оптимально функционирует на протяжении периодов II и III – от начала цветения до завершения роста плодов. Продолжительность этих периодов составляет не более 40 % от общего периода вегетации, но в это время при благоприятных условиях свыше 70 % биомассы.

Метеорологические условия оказывали значительное влияние на формирование листового аппарата сои, особенно сортов детерминантного типа роста, которые в засушливых условиях формировали площадь листьев в 1,8–2,2 раза ниже, чем потенциально могли сформировать при достаточной влагообеспеченности. Особенно следует выделить сорт северного экотипа Касатка, который в засушливых условиях развивался наиболее интенсивно,

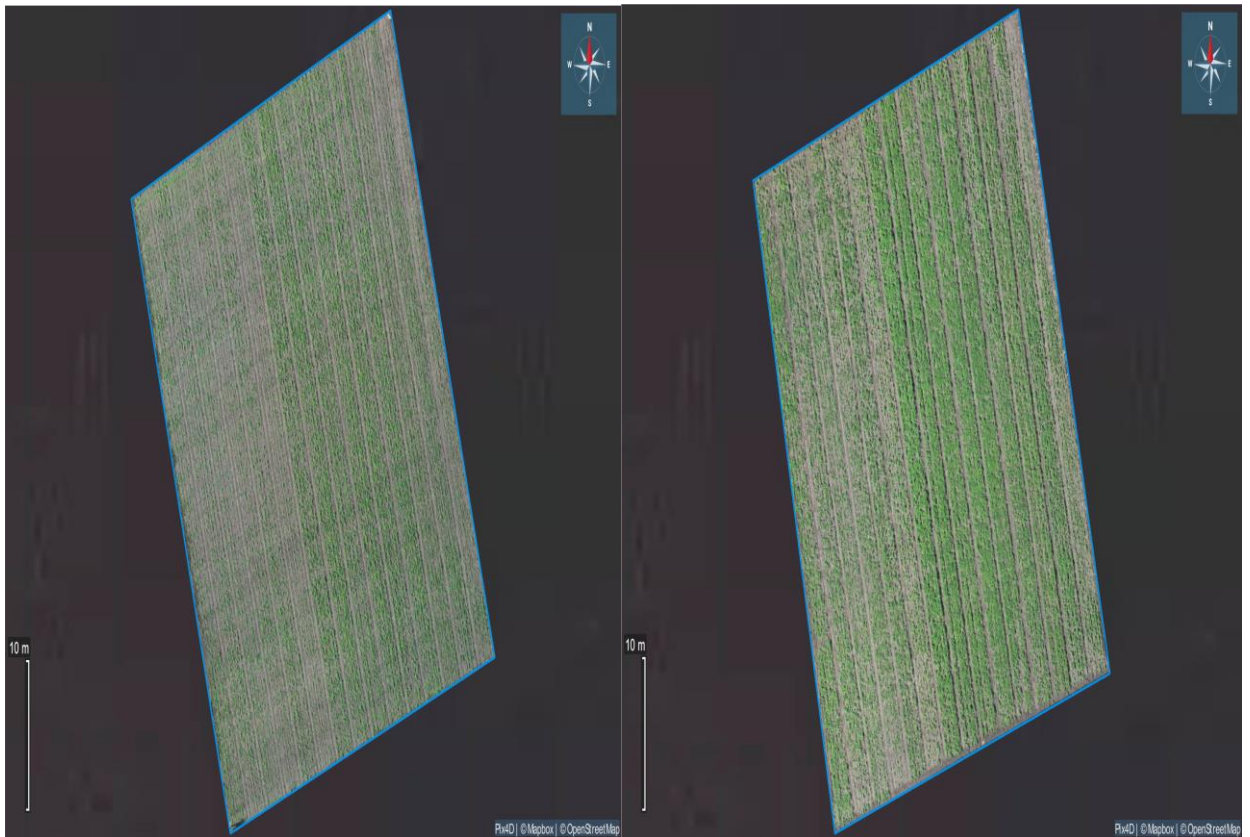
переходя к периоду созревания в ущерб формированию генеративных органов.

В исследованиях была предпринята попытка изучения возможностей применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для контроля фотосинтетической деятельности растений сои и прогнозирования потенциальной урожайности на примере сортов южной и дальневосточной селекции.

БПЛА, оснащенные мультиспектральными камерами, обеспечивают сбор мультиспектральных и RGB данных. На основе полученных данных строятся ортофотоплан, цифровая карта поля, рассчитываются вегетационные индексы. При оценке содержания хлорофилла в листьях используют вегетационные индексы, основанные на спектральных каналах NIR (ближний инфракрасный) и Green (зеленый). Данный выбор основан на высоких значениях отражения в этих спектральных каналах. Таким образом, данные, полученные с БПЛА, позволяют проводить оценку фотосинтетической активности посевов.

В исследовании использовался квадрокоптер DJI Phantom 4 pro в комбинации с мультиспектральной камерой Parrot Sequoia 4.0 с датчиком освещенности. Камера Parrot Sequoia имеет 4 монохромные камеры с разрешением в 1280 x 960 мм и делает снимки в четырех каналах: Green 530 – 570 нм; Red 640 – 680 нм; Red Edge 730 – 740 нм; near-IR 770 – 810 нм. Полеты совершались на высоте 30 метров в течение 4 минут 48 секунд с поперечным и продольным перекрытием 75 % и 75 % соответственно.

Мониторинг осуществлялся в два этапа: 1-й этап – в период интенсивного нарастания зеленой массы растений до наступления фазы цветения сои – в фазу V2 – 2-й узел, 2-й этап – в период образования генеративных органов растений – в фазу R2 – полное цветение (рисунок 37).



а)

б)

Рисунок 37 – Ортофотоплан посева сои в фазы: а) V2 – второй узел; б) R2 – полное цветение

Для оценки содержания хлорофилла *a* и *b* в листьях растений использовался вегетационных индекс CIGreen (рисунок 38).

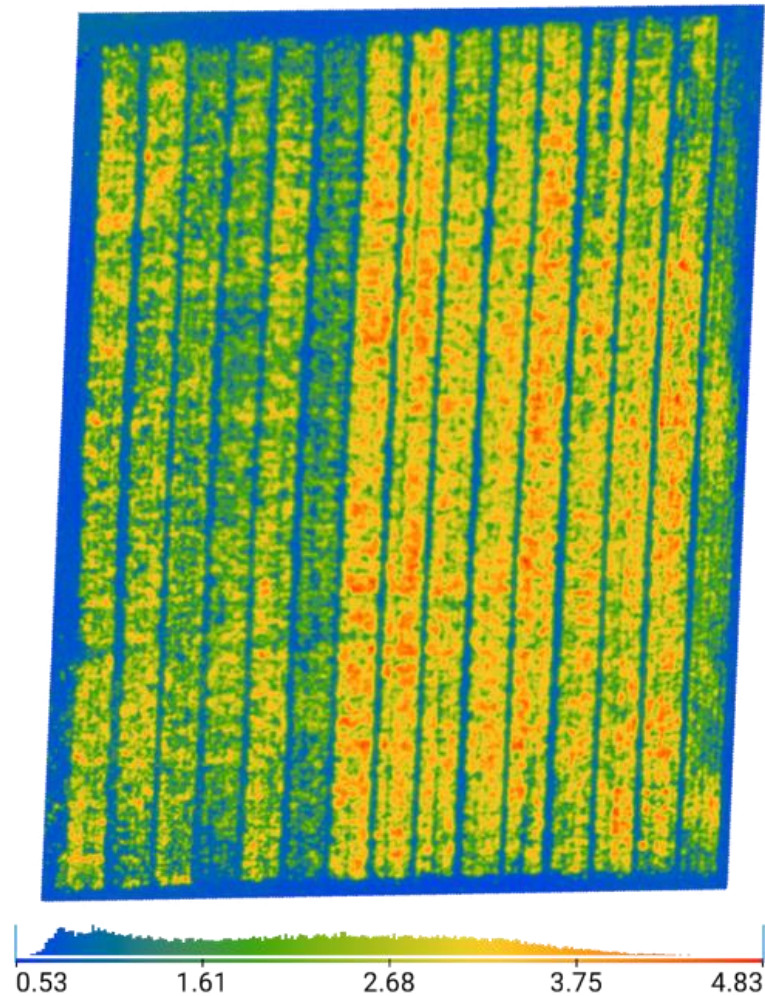


Рисунок 38 – Vegetационная карта ClGreen в фазу R2 – полное цветение

Для каждого из сортов были определены средние значения вегетационного индекса ClGreen и стандартное отклонение в фазы V2 – второй узел и R2 – полное цветение (таблица 21). В соответствии со средними значениями индекса все сорта сои по оценке содержания хлорофилла в листьях делятся на три группы:

- на 1-м этапе мониторинга: высокое $ClGreen > 2$; среднее $1,5 < ClGreen < 2$; низкое $1,5 < ClGreen$;
- на 2-м этапе мониторинга: высокое $ClGreen > 3$; среднее $2 < ClGreen < 3$; низкое $2 < ClGreen$.

Таблица 21 – Значения вегетационного индекса ClGreen

Сорт	1-й этап мониторинга: V2 – второй узел			2-й этап мониторинга: R2 – полное цветение			Урожайность, т/га
	Среднее значение вегетационного индекса ClGreen	Стандартное отклонение	Оценка содержания хлорофилла в листьях растений	Среднее значение вегетационного индекса ClGreen	Стандартное отклонение	Оценка содержания хлорофилла в листьях растений	
Лира	2,11	0,62	Высокое	2,83	0,61	Среднее	1,88
Аванта	1,96	0,60	Среднее	2,71	0,66	Среднее	1,94
Бара	1,97	0,67	Среднее	2,59	0,85	Среднее	1,89
Персона	1,60	0,55	Среднее	2,36	0,64	Среднее	1,45
Умка	1,45	0,48	Низкое	1,99	0,56	Низкое	1,72
Лидия	2,02	0,68	Высокое	3,07	0,61	Высокое	1,76
Грация	2,19	0,67	Высокое	3,1	0,59	Высокое	1,68

Высокие значения вегетационного индекса ClGreen на 1-м этапе мониторинга были установлены у трех сортов: южного Лиры и дальневосточных Лидия, Грация; средние – у сортов Аванта, Бара и Персона, низкие – у сорта Умка. На 2-м этапе высокие значения ClGreen были у сортов Лидия и Грация; средние – у сортов Лиры, Аванта, Бара и Персона; низкие – у сорта Умка. Таким образом, на этих этапах сорта Аванта, Бара, Персона и Умка уступали сортам Лиры, Лидия и Грация по интенсивности нарастания зеленой массы.

Высокие показатели ClGreen были зафиксированы на обоих этапах мониторинга у дальневосточных сортов сои Лидия и Грация. При этом сорта Аванта и Бара имеют высокие значения стандартного отклонения по

результатам 2-го этапа мониторинга, что говорит о неравномерности развития посевов (Загоруйко М.Г., Бельшкіна М.Е. и др., 2021).

В результате анализа средних значений вегетационного индекса CIGreen и урожайности по сортам была обнаружена высокая корреляционная связь: на 1-м этапе мониторинга – $r = 0,9$; на 2-м этапе мониторинга – $r = 0,94$. На графике (рисунок 39) представлены кривые зависимости исследуемых данных.

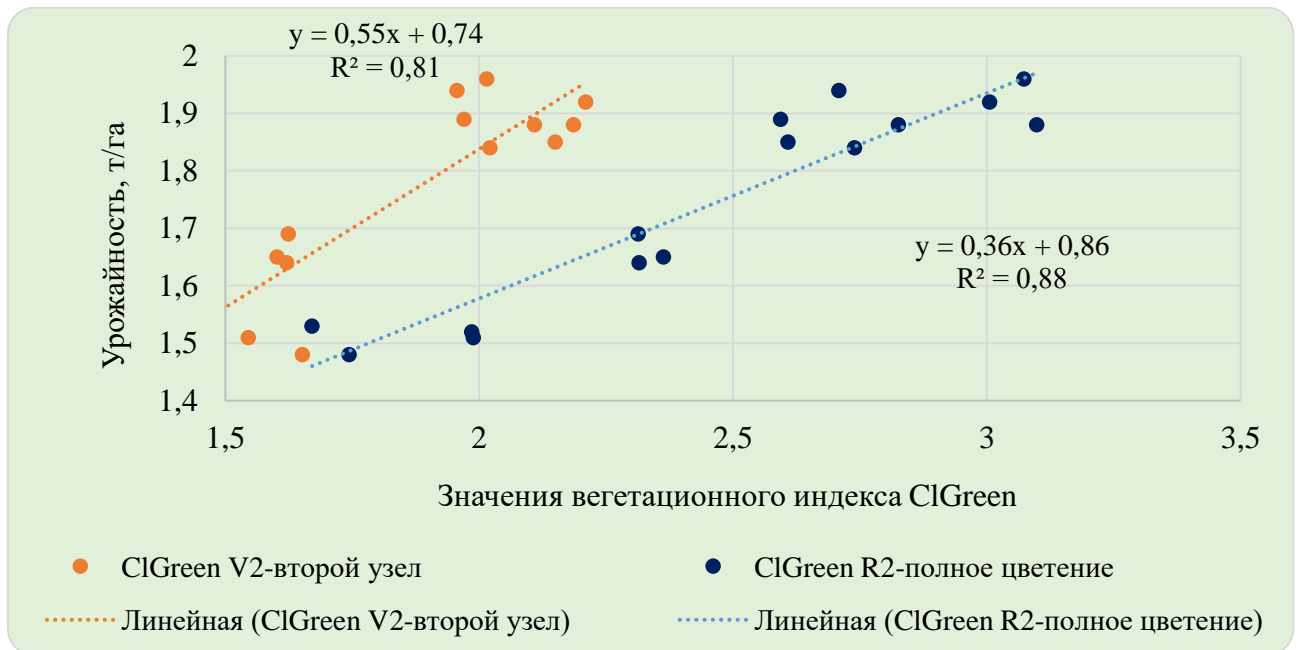


Рисунок 39 – Зависимость урожайности и значений CIGreen в фазы V2 – второй узел и R2 – полное цветение

Полученные регрессионные уравнения (при $R^2 = 0,81$ и $R^2 = 0,88$ на 1-м и 2-м этапах проведения мониторинга соответственно) выглядят следующим образом:

$$y = 0,55x + 0,74$$

$$y = 0,36x + 0,86$$

где x - средние значения вегетационного индекса CIGreen; y – урожайность т/га.

Состав фотосинтетических пигментов в листьях растений сои различного эколого-географического происхождения не имел значительных сортовых отличий, однако была выявлена зависимость содержания хлорофилла *a* и *b* в зависимости от условий увлажнения вегетационного периода. Было отмечено, что в засушливых условиях возрастала концентрация хлорофилла *b*, которая в зависимости от групп сортов составляла от 3,77 мг/г сухого вещества у сорта Светлая северного экотипа до 4,12 мг/г сухого вещества у южного сорта Лира, соотношение $X_{л\ a} / X_{л\ b}$ при этом было низким – от 2,0 у сортов северного экотипа и дальневосточных до 1,9 у южных (таблица 22).

В годы с избыточной влагообеспеченностью ($ГТК > 1,4$) содержание хлорофилла *a* увеличивалось в среднем по сортам на 0,27–0,52 мг/г сухого вещества, при этом содержание хлорофилла *b* было наименьшим – от 2,44 мг/г сухого вещества у сорта сои северного экотипа Окская до 2,95 мг/г сухого вещества у южного сорта Лира.

Содержание суммы хлорофиллов до фазы R4 (выполненные бобы) включительно было в среднем одинаковым в годы с достаточными условиями увлажнения и в засушливые, но с началом налива семян (фаза R5 и далее) концентрация хлорофилла снижалась быстрее в условиях недостатка влаги ($ГТК < 0,7$), так как в этот период ассимиляты растений расходовались в основном на формирование плодов и семян.

Таблица 22 – Пигментный состав в листьях сои в фазу R3 – образование плодов в разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода, мг/г сухого вещества

Сорт	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i> + Хл <i>b</i>	Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>
	ГТК < 0,7				ГТК 0,7–1,4				ГТК > 1,4			
Магева	7,89	3,86	11,8	2,0	8,05	3,46	11,5	2,3	8,35	2,65	11,0	3,2
Окская	7,64	3,92	11,6	1,9	7,98	3,33	11,3	2,4	8,24	2,44	10,7	3,4
Светлая	7,59	3,77	11,4	2,0	8,10	3,42	11,5	2,4	8,18	2,53	10,7	3,2
Касатка	7,83	4,02	11,9	1,9	7,92	3,42	11,3	2,3	8,23	2,78	11,0	3,0
Георгия	7,78	3,84	11,6	2,0	7,95	3,12	11,1	2,5	8,15	2,68	10,8	3,0
Ли́ра	7,94	4,12	12,1	1,9	8,07	3,64	11,7	2,2	8,46	2,95	11,4	2,9
Аванта	7,85	3,96	11,8	2,0	8,12	3,52	11,6	2,3	8,54	2,84	11,4	3,0
Бара	7,82	4,08	11,9	1,9	7,96	3,67	11,6	2,2	8,34	2,76	11,1	3,0
Персона	7,98	3,98	12,0	2,0	7,85	3,58	11,4	2,2	8,25	2,72	11,0	3,0
Умка	7,92	3,87	11,8	2,0	7,93	3,44	11,4	2,3	8,22	2,64	10,9	3,1
Лидия	7,86	3,92	11,8	2,0	7,89	3,32	11,2	2,4	8,28	2,84	11,1	2,9
Грация	7,68	3,88	11,6	2,0	7,92	3,48	11,4	2,3	8,26	2,76	11,0	3,0
НСР ₀₅	0,39	0,20	-	-	0,39	0,17	-	-	0,42	0,13	-	-

В исследованиях было установлено, что период R1 – R4 является критическим при формировании урожая. Одновременно с интенсивным нарастанием вегетативной массы происходит цветение и образование плодов. К концу этого периода заканчивается формирование плодов на растениях. Их число в расчете на единицу площади определяет потенциальный урожай. Интенсивность нарастания биомассы в течение второго периода у современных сортов в 2–4 раза больше, чем до цветения (рисунок 40).

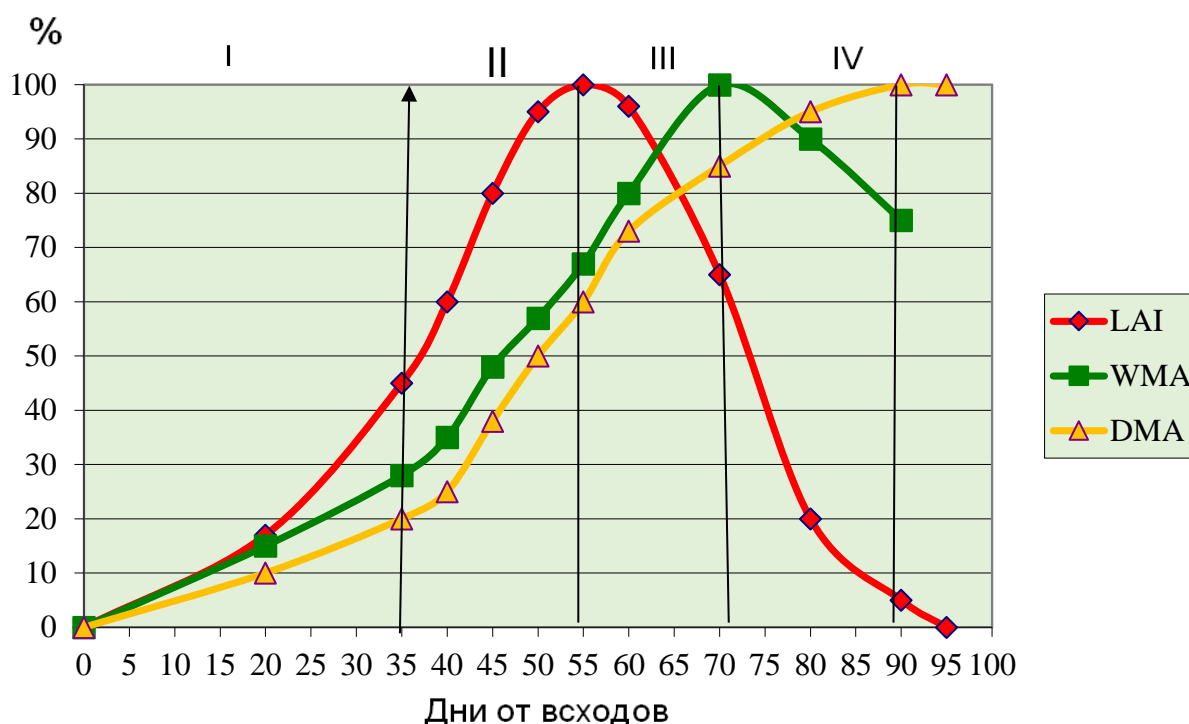


Рисунок 40 – Индекс листовой поверхности (LAI), нарастание сырой (WMA) и сухой (DMA) биомассы, % от максимума за вегетацию по периодам

Максимальный урожай зеленой массы отмечался к концу 3-го 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.

Предшествующее состояние посева (период II) по рассмотренным параметрам в значительной мере определяет в последующем величину

компонентов урожайности и непосредственно урожайность семян у зерновых бобовых культур. 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.

Метеорологические условия вегетационного периода оказывали значительное влияние на величину фотосинтетического потенциала. В годы с засушливыми условиями он был в 2–3 раза ниже, чем в годы с условиями, близкими к оптимальным (таблица 23).

В условиях избыточного увлажнения вегетационного периода в 2008 и 2020 гг. площадь листовой поверхности быстро достигала максимальных размеров и достаточно долго функционировала. Фотосинтетический потенциал достигал максимальных значений у сортов сои северного экотипа к периоду II (цветение и образование плодов), у южных и дальневосточных сортов к периоду III (рост плодов).

Значение фотосинтетического потенциала за вегетацию было максимальным у сортов Окская, Лира, Лидия и Грация и составило 1070–1133 тыс. м² дней/га, минимальные значения были отмечены у сортов Касатка и Бара и составили 697–781 тыс. м² дней/га.

В условиях влагообеспеченности близких к оптимальным и в засушливых условиях фотосинтетический потенциал снижался в среднем по сортам на 30–40 %.

Таблица 23 – Фотосинтетический потенциал сортов сои различного эколого-географического происхождения по периодам роста и развития в разных условиях влагообеспеченности, тыс. м² дней/га

Сорт	Периоды, фазы											
	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян	I Всходы - начало цветения	II Цветение и образование плодов	III Рост плодов	IV Налив семян
	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6	VE – R1	R1 – R2	R3 – R4	R5 – R6
	ГТК < 0,7				ГТК 0,7–1,4				ГТК > 1,4			
Магева	398	524	338	136	720	736	565	217	868	935	778	355
Окская	416	534	388	153	752	748	634	243	1030	1070	879	405
Светлая	377	457	346	114	698	652	541	181	908	886	734	294
Касатка	298	277	229	63	528	518	396	114	646	697	605	199
Георгия	386	425	317	98,4	706	655	539	178	874	869	695	285
Лира	570	592	488	172	938	867	707	230	1088	1133	1355	458
Аванта	435	498	370	140	826	764	643	211	983	999	905	396
Бара	396	388	274	87	731	716	515	160	842	781	733	283
Персона	459	486	302	127	789	773	530	205	938	975	811	372
Умка	471	496	310	133	772	818	539	200	865	1049	828	384
Лидия	506	538	356	147	896	832	605	211	1037	1078	1098	416
Грация	518	542	358	150	907	845	616	214	1051	1094	1065	428
НСР ₀₅	21,5	20,4	17,6	5,8	38,4	36,3	30,2	7,8	45,6	45,9	48,2	15,8

В таблице 24 приведены результирующие показатели фотосинтетической деятельности сортов сои различного эколого-географического происхождения в разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода. Выявлены закономерности фотосинтетической деятельности и продукционного процесса, а также особенности, связанные с генотипом и метеорологическими факторами.

Продолжительность вегетации и отдельных периодов была значительно больше у южных и дальневосточных сортов. Налив и созревание у южных сортов происходили примерно в одинаковый период времени с сортами северного экотипа, уступая только ультраскороспелому сорту Касатка. Созревание сортов дальневосточной группы как правило в условиях центральной и южной агроклиматических подзон Центрального района Нечерноземной зоны приходилось на более поздний период, когда в отдельные годы среднесуточная температура была ниже биологического минимума. Таким образом, можно сделать вывод, что исследуемые южные раннеспелые сорта по особенностям развития более соответствуют возможной вариабельности тепловых ресурсов в Центральном районе Нечерноземной зоны, особенно для центральной подзоны, чем дальневосточные.

Максимальная величина сырой и сухой биомассы у всех сортов формировалась к концу периода роста плодов – в фазы R5 – R6. У сортов сои северного экотипа в условиях достаточного и избыточного увлажнения максимальная за вегетацию сухая биомасса составила к фазе R4 – выполненные бобы в среднем по сортам 5400–6700 кг/га, эта величина составила у сортов сои северного экотипа 5000 кг/га, затем следуют дальневосточные (5500 кг/га) и южные (6700 кг/га) сорта.

Таблица 24 – 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

Сорта сои различного эколого-географического происхождения имели значительные различия по степени нарастания сухой биомассы между собой и в разные по степени обеспеченности влагой годы. В благоприятные по погодным условиям годы к концу этого периода величина сухой массы у сортов сои северного экотипа составляла в среднем 525 г/м^2 и у южных и дальневосточных – 540 г/м^2 , индекс листовой поверхности достигал максимума – 5,3–5,5 в зависимости от сорта.

Таким образом, при благоприятных условиях величина нарастания сухой биомассы $450\text{--}550 \text{ г/м}^2$ к моменту завершения образования бобов 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.

Заключение по главе 5

В условиях Центрального района Нечерноземной зоны индекс листовой поверхности на уровне 4–5 и величина накопления сухой биомассы $525\text{--}540 \text{ г/м}^2$ 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/м^2 , у южных и дальневосточных – 540 г/м^2 , 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.

ГЛАВА 6. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕГЕТАЦИИ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В НОВЫЕ РЕГИОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

6.1. Оптимизация срока посева раннеспелых сортов сои в зависимости от агроклиматических условий региона возделывания

В агроклиматических условиях Центрального района Нечерноземной зоны лимитирующим показателем для развития сои в отдельные периоды является температурный режим и в меньшей степени режим увлажнения. Биологический минимум температур для сои составляет по периодам: посев – всходы 7–9°C, формирование репродуктивных органов 14–16°C, цветение 16–17°C, образование семян 12–13°C, созревание 8–9°C. При более низких температурах развитие растений задерживается, а температуры выше биологического минимума ускоряют его.

В Центральном районе Нечерноземной зоны, особенно в центральной и северной агроклиматических подзонах в августе – начале сентября дневные температуры могут снизиться до 17–15°C, а ночные – до 10°C, что приводит к замедлению процесса налива и созревания семян – так называемой «консервации посевов», когда растения практически не теряют влагу. Таким образом, удлиняется процесс созревания растений сои и затягиваются сроки проведения уборочных работ, что в последствии негативно сказывается на качестве урожая. Важно, чтобы соя к началу этого периода практически полностью завершила вегетационный период, иначе он растягивается на довольно продолжительное время.

В результате многочисленных опытов, проведенных с сортами сои северного экотипа, было установлено, что соя, являясь растением теплолюбивым и относясь к культурам короткого дня по своей биологической сущности, в фазе всходов может выдерживать

кратковременные заморозки до -6°C (Кобозева Т.П., Шевченко В.А. и др., 2016).

Помимо этого, семена сои могут сохранять жизнеспособность до 30 суток во влажной холодной почве. При наступлении благоприятных условий появляются всходы, хотя полевая всхожесть при этом несколько снижается. Предположительно этому способствует наличие в семенах ингибиторов протеолитических ферментов, которые обладают, по мнению ряда ученых, фунгицидными, бактерицидными и инсектицидными свойствами (Петибская В.С., 2000). Таким образом, в результате анализа физиологических особенностей семян и всходов сои, посев сои в условиях регионов Центрального района Нечерноземной зоны проводили в максимально ранние сроки, сразу после сева ранних яровых культур.

Опыты проводились в 2018–2020 гг. Каждый вегетационный период характеризовался отличными от остальных температурно-влажностными условиями (приложение Е). Так, 2018 г. характеризовался высокими температурами воздуха при дефиците осадков. По значениям суммы активных температур и значению ГТК год был отнесен в группу засушливых лет ($\text{ГТК} < 0,7$).

В 2019 г. май характеризовался благоприятными метеорологическими условиями – повышенными температурами и хорошими осадками – обуславливающими сокращение продолжительности периода от посева до появления всходов, их дружное появление и активное развитие посевов сои на первом этапе. Однако на следующих этапах – в июне, июле и августе – количество осадков сократилось и было ниже среднемноголетних значений, что способствовало сокращению периодов роста и развития сои. Год также был отнесен в группу засушливых ($\text{ГТК} < 0,7$).

В 2020 г. количество выпавших осадков превышало среднемноголетние значения во все месяцы, за исключением августа. При этом температуры воздуха были близки к среднемноголетним значениям. Такие условия способствовали затягиванию вегетационного периода растений, которые

сформировали значительную биомассу. Год был отнесен в группу лет с избыточным увлажнением ($ГТК > 1,4$).

Во все годы исследований посев сои проводили в пять сроков, начиная с самого раннего (через 5–6 дней после начала посева ранних яровых зерновых культур). Различные сроки посева позволяли изучать в течение одного года влияние погодных условий рост и развитие растений не только в период посев – всходы, но и в последующие периоды (рисунок 41).



а)

б)

Рисунок 41 – Посевы сои: фазы – а) V1 – Полностью развитые простые листья на узле и б) V2 – полностью развитые тройчатые листья на узле

В исследованиях была определена продолжительность вегетационного и межфазных периодов сортов сои при разных сроках посева (таблица 25, приложение Л). Период от посева до появления всходов является одним из основополагающих при определении продолжительности общей вегетации сои. Недостаток тепла и влаги в этот период негативно сказывался на

дружности появления всходов и приводил к их изреживанию. 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.

В годы, с тенденцией к малому количеству осадков и повышенным температурам высев семян в наиболее ранние сроки (1-й и 2-й) способствовал большему использованию запасов влаги в почве, а в сочетании с температурами воздуха выше среднеголетних значений – более раннему и дружному появлению всходов и благоприятному развитию растений в начале вегетационного периода.

Важно, чтобы после посева семена сои, помимо влаги получали и достаточное количество тепла, так как в 2020 г. температура в мае по декадам составила соответственно 14,7°C, 11,9°C и 15,5°C, что соответствует среднеголетним значениям, но является достаточно редким явлением для Рязанской области в последнее десятилетие (приложение Г). Такие температурные условия в совокупности с обильными осадками привели к затягиванию периода VE – R1.

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. В зависимости от метеорологических условий вегетационного периода, эта величина варьировала от 28–34 дней в 2018–2019 гг. до 34–42 дней в 2020 г. Наступление фазы R1 – цветение при этом происходило у всех сортов в одинаковые сроки (приложения К, Л).

Таблица 25 – Продолжительность вегетации и отдельных периодов роста и развития сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных сроках посева (в среднем за 2018–2020 гг.)

Сорт	Срок посева	Посев – всходы	Всходы -начало цветения (VE – R1)	Цветение и образование плодов (R1 – R2)	Рост плодов (R3 – R4)	Налив семян (R5 – R6)	Созревание (R7 – R8)	Всходы – созревание	Посев – созревание
Светлая	1-й срок	11	35	18	28	15	11	107	118
	2-й срок	11	33	18	27	15	11	104	115
	3-й срок	10	31	17	27	16	11	102	112
	4-й срок	10	31	13	25	14	9	92	102
	5-й срок	9	29	11	25	13	9	87	96
Аванта	1-й срок	11	35	19	31	16	10	111	122
	2-й срок	11	33	20	30	16	12	111	122
	3-й срок	10	31	19	29	16	12	107	117
	4-й срок	10	31	15	28	13	10	97	107
	5-й срок	9	29	13	28	12	10	92	101
Грация	1-й срок	11	35	21	30	17	12	115	126
	2-й срок	11	33	21	29	18	12	113	124
	3-й срок	10	31	20	28	17	12	108	118
	4-й срок	10	31	13	27	16	10	97	107
	5-й срок	9	29	11	27	14	10	91	100
НСР ₀₅		0,6	1,6	0,5	0,9	0,8	0,7	5,2	5,3

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 (рисунок 42).



Рисунок 42 – Посевы сои: фазы R1, R2 – Цветение

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. Длительность этого периода также сокращалась от ранних к поздним срокам посева. Продолжительность периода R7 – R8 не зависела от срока посева, была достаточно стабильна во все года и составила в среднем по сортам от 9 до 12 дней.

Длительность периодов от всходов до созревания и от посева до созревания у всех исследуемых сортов сокращалась от ранних к поздним срокам посева. Так, у сорта сои северного экотипа Светлая в среднем за 2018–2020 гг. общая продолжительность периода от всходов до созревания составила от 107 дней при 1-м сроке посева до 87 дней при 5-м сроке посева. Продолжительность периода от посева до созревания составила от 118 дней при 1-м сроке посева до 96 дней при 5-м сроке.

У южного сорта Аванта в среднем за 2018–2020 гг. общая продолжительность периода от всходов до созревания составила от 111 дней при 1-м сроке посева до 92 дней при 5-м сроке посева. Продолжительность периода от посева до созревания составила от 122 дней при 1-м сроке посева до 101 дня при 5-м сроке.

У дальневосточного сорта Грация в среднем за 2018–2020 гг. общая продолжительность периода от всходов до созревания составила от 115 дней при 1-м сроке посева до 91 дня при 5-м сроке посева. Продолжительность периода от посева до созревания составила от 126 дней при 1-м сроке посева до 100 дней при 5-м сроке.

В условиях Центрального района Нечерноземной зоны лимитирующим фактором является не столько общая сумма активных температур за вегетацию, как их сумма и напряженность по периодам развития. Это обстоятельство особенно важно для сои на последних этапах формирования урожая – налива и созревания семян, так как пониженные среднесуточные температуры в эти периоды являются лимитирующим фактором при возделывании сои в Центральном районе Нечерноземной зоны.

При благоприятных метеорологических условиях вегетационного периода итоговые значения суммы активных температур при разных сроках посева практически не изменялись (таблица 26, приложение М).

У сорта сои северного экотипа Светлая сумма накопленных активных температур за период от посева до созревания в среднем за 2018–2020 гг. составила от 2440°С при 1-м сроке посева до 2084°С при 5-м сроке.

Таблица 26 – Суммы активных температур, накопленные сортами сои различного эколого-географического происхождения при разных сроках посева, °С (в среднем за 2018–2020 гг.)

Сорт	Срок посева	Посев – всходы		Всходы – начало цветения (VE – R1)		Цветение и образование плодов (R1 – R2)		Рост плодов (R3 – R4)		Налив семян (R5 – R6)		Созревание (R7 – R8)		Посев – созревание	
		ΣT	$T_{cp.}$	ΣT	$T_{cp.}$	ΣT	$T_{cp.}$	ΣT	$T_{cp.}$	ΣT	$T_{cp.}$	ΣT	$T_{cp.}$	ΣT	$T_{cp.}$
Светлая	1-й срок	201	18,4	636	18,4	423	24,0	610	22,0	321	21,5	249	22,5	2440	21,1
	2-й срок	188	18,4	647	19,6	423	23,4	600	22,2	329	21,6	236	21,5	2423	21,1
	3-й срок	167	17,0	593	19,4	404	23,4	588	22,0	345	21,9	232	21,8	2329	20,9
	4-й срок	172	18,6	629	20,6	305	24,1	544	22,2	299	21,8	198	22,2	2147	21,6
	5-й срок	166	19,9	644	22,5	245	23,2	545	22,3	288	22,7	196	22,0	2084	22,1
Аванга	1-й срок	201	18,4	636	18,4	456	23,6	671	21,8	344	21,6	222	22,4	2530	21,0
	2-й срок	188	18,4	647	19,6	451	23,0	645	21,7	367	22,6	255	21,3	2553	21,1
	3-й срок	167	17,0	593	19,4	436	22,9	459	22,8	350	22,6	273	20,8	2278	20,9
	4-й срок	172	18,6	629	20,6	341	23,3	618	21,9	294	22,7	226	23,4	2280	21,8
	5-й срок	166	19,9	644	22,5	290	23,1	617	22,4	272	22,4	232	24,1	2221	22,4
Грация	1-й срок	201	18,4	636	18,4	480	23,2	656	22,0	367	21,2	253	21,1	2593	20,7
	2-й срок	188	18,4	647	19,6	480	22,8	641	21,8	402	22,6	255	20,6	2613	21,0
	3-й срок	167	17,0	593	19,4	463	22,8	625	21,8	368	22,4	266	21,4	2482	20,8
	4-й срок	172	18,6	629	20,6	317	23,8	608	22,1	332	21,2	225	22,2	2283	21,4
	5-й срок	166	19,9	644	22,5	262	23,2	591	22,1	303	21,8	241	24,1	2207	22,3

Южный сорт Аванта за период от посева до созревания в среднем накопил от 2530°C при 1-м сроке посева до 2221°C при 5-м сроке, а дальневосточный сорт Грация накопил соответственно от 2593°C до 2207°C.

У всех сортов по отдельным периодам роста и развития растений сумма накопленных активных температур при разных сроках посева значительно варьировала. Разница по сумме накопленных температур за периоды «Всходы – начало цветения» и «Цветение – образование плодов» между 1-м и 5-м сроками составила соответственно 120–280°C, причем в первом случае максимальная накопленная сумма приходилась на 1-й срок, а во втором – на 5-й срок посева.

В засушливых условиях вегетационного периода, как, например, в 2018 г., периоды от посева до появления всходов и от всходов до начала цветения, при наличии достаточных запасов влаги в почве были благоприятными для роста и развития растений сои. Наступление жарких и засушливых условий совпало у сои при всех сроках посева с периодом цветения – образования плодов, при этом суммарные значения за вегетацию убывали от более ранних к более поздним срокам посева и различия между разными сроками посева были незначительными, посевы созрели одновременно.

В зависимости от срока посева и условий года изменялись значения элементов структуры урожая. 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. При этом сроке посева были максимальными значения количества бобов, семян на растение и массы 1000 семян. Этому способствовал посев семян в хорошо прогретую почву, дружность появления всходов и дальнейшее активное формирование растениями зеленой массы и плодоеlementов (таблица 27).

Таблица 27 – Элементы структуры урожая и урожайность сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных сроках посева (в среднем за 2018–2020 гг.)

Сорт	Срок посева	Высота растений, см	Высота крепления нижнего боба, см	На 1 растение, шт.		Масса семян, г/раст.	Масса 1000 семян, гр.	Урожайность, т/га
				бобов	семян			
Светлая	1-й срок	78	11	27	48	5,4	135	2,2
	2-й срок	77	11	25	48	5,5	138	2,3
	3-й срок	72	11	22	45	4,9	128	2,1
	4-й срок	68	10	21	43	4,5	122	1,9
	5-й срок	65	10	20	41	4,2	118	1,7
Аванга	1-й срок	92	12	28	45	6,9	130	2,3
	2-й срок	92	12	30	51	7,2	142	2,7
	3-й срок	90	12	28	48	6,7	132	2,4
	4-й срок	88	12	25	44	6,6	130	2,1
	5-й срок	82	11	23	42	4,9	125	1,8
Грация	1-й срок	88	12	28	52	6,8	132	2,3
	2-й срок	86	12	28	50	6,6	130	2,4
	3-й срок	86	12	26	46	6,5	126	2,2
	4-й срок	82	11	23	43	5,2	120	2,0
	5-й срок	79	11	21	40	4,7	118	1,8
НСР ₀₅		4,1	0,7	1,4	2,5	0,4	6,2	0,2

Наиболее близким по основным элементам структуры урожая ко 2-му сроку посева оказался 3-й. При этих 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 урожайность 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.

В агроклиматических условиях Рязанской области наибольшая урожайность была сформирована при первом и втором сроках посева – 1–5 мая и 6–10 мая (рисунок 43). Высокой урожайности при этих сроках посева способствовали достаточная влаго- и теплообеспеченность семян в этот период (приложения Б, В), которые приводили к появлению равномерных дружных всходов и более полному использованию агроклиматического потенциала вегетационного периода. При более поздних сроках посева в регионе, относящемся к южной агроклиматической подзоне, отмечалось малое количество осадков при достаточно высоких температурах (приложения Г, Д), такие условия вызывали появление неравномерных всходов и впоследствии приводили к снижению урожайности семян

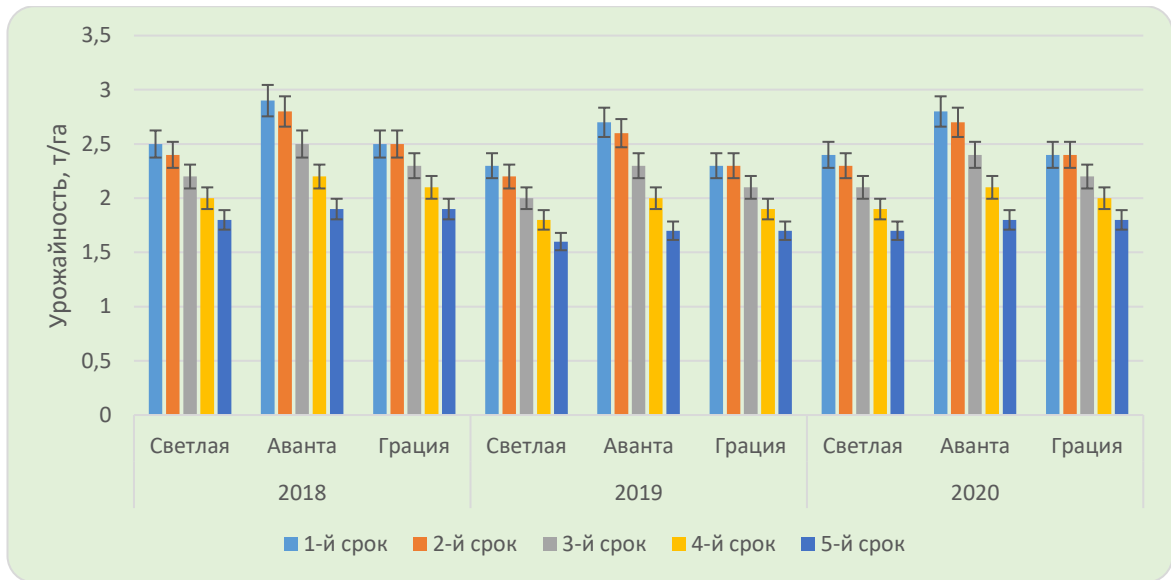


Рисунок 43 – Динамика урожайности сортов сои различного эколого-географического происхождения в зависимости от срока посева

Была отмечена также и сортовая реакция на сроки посева. Так, у сорта сои северного экотипа Светлая, который обладает детерминантным типом роста снижение урожайности при более поздних сроках посева было более значительным, чем у сортов полудетерминантного типа – южного Аванта и дальневосточного Грация.

6.2. Формирование оптимальной плотности ценоза сои с учетом морфотипа сорта и условий вегетационного периода

Исследования по изучению влияния норм высева и способов посева на морфологические и биологические особенности сортов сои различного эколого-географического происхождения показали, что продолжительность вегетационного периода (от всходов до полной спелости) зависит не только от метеорологических условий, особенностей сорта, но и от способа посева и нормы высева семян.

Сорта сои полудетерминантного типа роста имеют не только более продолжительный вегетационный период по сравнению с детерминантными,

также он в большей степени зависит от метеоусловий, при повышении влагообеспеченности усиливается рост и образование боковых побегов. При этом увеличивается активный симбиотический потенциал, что способствует улучшению азотного питания и увеличению площади листьев, росту вегетативной массы.

В результате проявляется тенденция к ухудшению освещенности части побегов, что в свою очередь приводит к замедлению созревания. Растения в посевах детерминантных сортов лучше освещены даже в относительно влажные годы, что является одной из причин меньшей их реакции на изменение метеоусловий, чем индетерминантных. Так сорта сои северного экотипа с ограниченным ветвлением, образуют бобы на главном побеге, который утолщен, благодаря чему не полегают даже в условиях значительного переувлажнения и в загущенных посевах.

Установлено, что скороспелость сортов сои северного экотипа и других детерминантных сортов формируется вследствие уменьшения периода после цветения за счет ограничения образования новых генеративных органов при повышении аттрагирующей способности семян. Солнечная и сухая погода ускоряет созревание. При этом, благодаря повышенной скороспелости детерминантные сорта лучше используют почвенную влагу, успевая вызреть до наступления ее дефицита.

Наибольший фотосинтетический потенциал в годы с достаточной влагообеспеченностью вегетационного периода (ГТК 0,7–1,4) при сравнении сортов по вариантам наблюдался у южных сортов и составил суммарно в среднем 1900–2900 тыс. м² дней/га. У сортов сои северного экотипа и дальневосточных суммарные значения ФП были несколько меньше – 1600–2400 тыс. м² дней/га (рисунок 44).

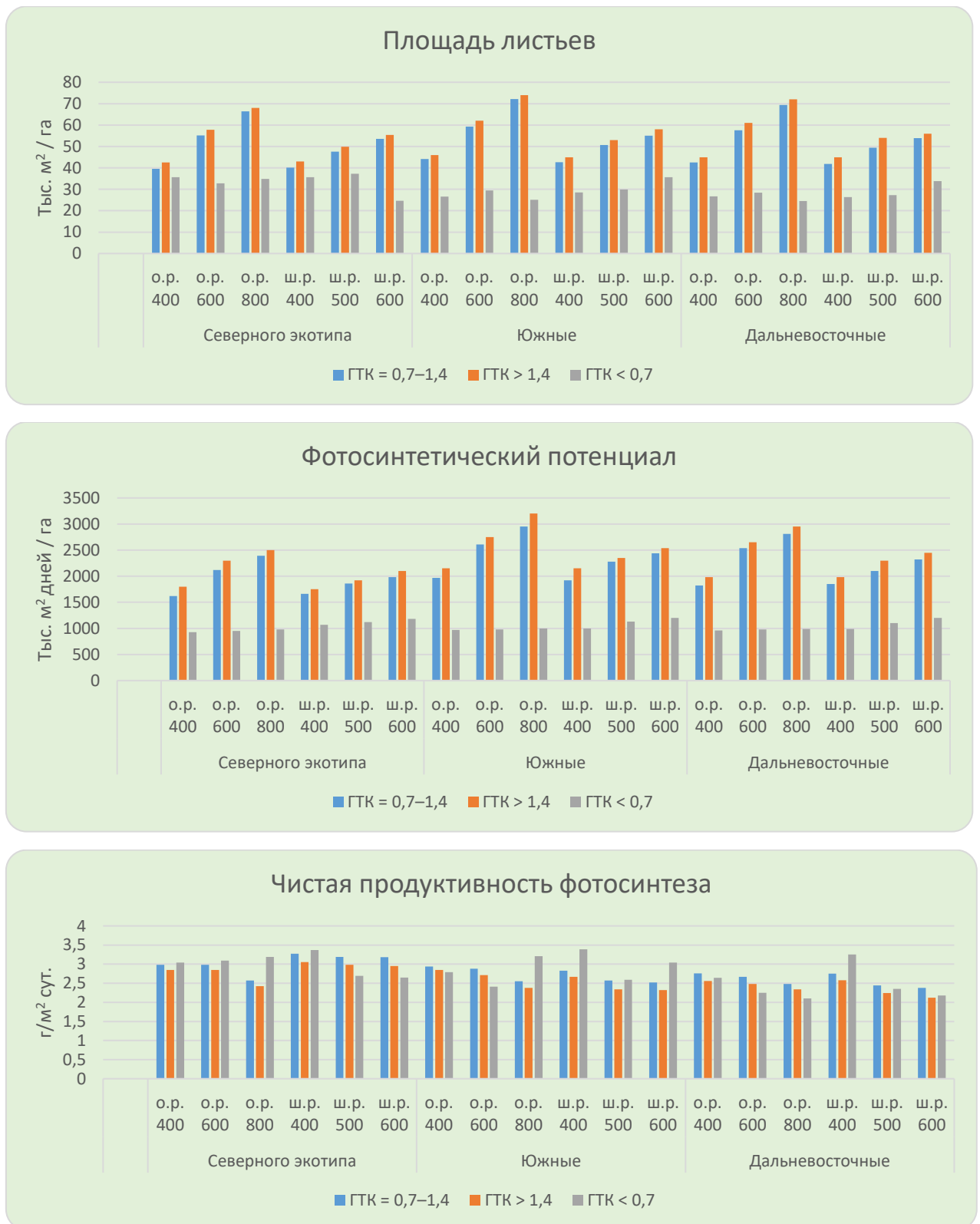


Рисунок 44 – Основные показатели фотосинтетической деятельности сортов сои различного эколого-географического происхождения при разной густоте стояния в разные по влагообеспеченности год

В условиях вегетационного периода со значительным дефицитом влаги значения фотосинтетического потенциала у сортов по группам сортов практически не различались, так как растения ускоренно развивались и формировали значительно меньшую площадь листьев, чем в годы с достаточными условиями влагообеспеченности.

Интенсивность фотосинтетической работы листьев растений в посевах характеризуется показателем чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), то есть количеством общей сухой биомассы, образованной растениями в течение суток в расчете на 1 м² листьев. Чистая продуктивность фотосинтеза в годы с достаточной влагообеспеченностью у всех сортов была выше при широкорядном способе посева и густоте стояния растений 400–600 тыс. на га, незначительно снижаясь от меньшей к большей густоте, что можно объяснить лучшим световым режимом растений. В засушливых условиях вегетационного периода значение ЧПФ также было выше при широкорядном посеве, но при загущении растений до 600 тыс. и более на га ЧПФ резко понижалась с 3,19–3,37 до 2,45–2,69 г/м² в сутки.

Засушливые условия также негативно влияли на продолжительность функционирования листьев. Площадь листьев снизилась в среднем по вариантам в 1,5 раза и составила 25–35 тыс. м² против 40–70 тыс. м² на га в годы с достаточной влагообеспеченностью. Так как фотосинтетический потенциал изменяется аналогично изменению площади листьев, то у всех сортов он уменьшился с 1600–2900 до 800–1200 тыс. м² дней на гектар соответственно. В 2 раза сократились показатели сырой и сухой биомассы. Лишь чистая продуктивность фотосинтеза, являясь достаточно консервативным показателем, не сильно отличалась по годам.

Величина нарастания сухой биомассы обычно прямо связана с индексом листовой поверхности и величиной фотосинтетического потенциала, то есть величиной площади листьев и временем ее функционирования. В исследованиях было установлено, что лучшими вариантами по нарастанию площади листьев, величине фотосинтетического

потенциала и накоплению сухого вещества в нормальные по погодным условиям годы у всех исследуемых сортов были следующие варианты: при обычном рядовом способе посева – 600 тыс. растений на гектар, при широкорядном – 500 тыс. растений на гектар.

Чистая продуктивность фотосинтеза у сои в годы исследований была сравнительно небольшой, по вариантам 2,4–3,4 г/м² в сутки. ЧПФ уменьшалась с повышением густоты стояния растений и в отличие от ФП мало изменялась в разные годы. Это наиболее устойчивый показатель, на который метеорологические условия влияли в сравнительно небольшой степени.

Ветвление и образование новых побегов уменьшается при широкорядном и, еще более, при рядовом способе посева, а также при увеличении нормы высева. Указанные закономерности сильнее выражены у полудетерминантных сортов сои. Так, было установлено, что при чрезмерно загущенном посеве высокорослые сорта сои, такие, как сорт Ли́ра, склонны к полеганию. Детерминантные сорта сои, особенно сорт Касатка, не полегают даже при очень высоких нормах высева – 800 тыс. шт./га. Обычный рядовой способ посева с большей нормой высева может обеспечить более высокую урожайность семян, однако при этом существенно повышается норма высева и снижается коэффициент размножения семян.

Наибольшее количество бобов и семян на растение у всех групп сортов сформировалось при обычном рядовом и широкорядном способах посева и густоте всходов 400 тыс. шт./га, так как растения при этой густоте в обоих случаях имели максимальную площадь питания, индивидуальная продуктивность одного растения была максимальной (таблица 28).

При этом следует отметить, что при сопоставимых густотах, индивидуальная продуктивность растений была на 5–10 % выше при широкорядном способе посева, чем при обычном рядовом.

Таблица 28 – Элементы структуры урожая и урожайность сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных способах посева (в среднем за 2008–2015 гг.)

Группы сортов	Способ посева	Густота всходов, тыс. шт./га	На 1 растение, шт.		Масса семян, г/раст.	Масса 1000 семян, г
			бобов	семян		
Северного экогипа	Обычный рядовой	400	30	52	6,9	142
		600	28	47	6,3	138
		800	26	43	5,6	127
	Широко-рядный	400	32	55	7,2	146
		500	31	54	7,0	144
		600	28	50	6,5	139
Южные	Обычный рядовой	400	36	56	7,0	142
		600	32	55	6,8	140
		800	29	48	5,8	129
	Широко-рядный	400	38	58	7,5	152
		500	34	56	7,2	148
		600	31	55	6,8	144
Дальневосточные	Обычный рядовой	400	32	52	7,0	138
		600	30	49	6,8	136
		800	27	44	6,3	130
	Широко-рядный	400	33	56	7,3	149
		500	30	53	7,0	146
		600	27	48	6,8	140
НСР ₀₅			1,4	2,1	0,4	6,7

Наибольшее число бобов и масса семян с растения сформировались у южных по эколого-географическому происхождению сортов сои Лира и Бара, и составили 29–36 шт. бобов при обычном рядовом способе посева и 31–38 шт. – при широкорядном с количеством семян соответственно 48–56 шт. и 55–58 шт.

Сорта сои северного экотипа Светлая и Касатка, а также дальневосточные сорта Лидия и Грация имели схожее число бобов и семян на растение при соответствующих способах посева и густотах – 26–33 шт. бобов и 44–55 шт. семян на растение.

Максимальная масса 1000 семян была сформирована также при минимальных густотах и составила в среднем по группам сортов от 142 до 152 г. Минимальная масса 1000 семян была зафиксирована при обычном рядовом способе посева и густоте всходов 800 тыс. шт./га и составила в среднем по группам сортов от 127 до 130 г.

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 29, приложение Н). Дальнейшее повышение 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.

Таблица 29 – 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

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.

6.3. Применение биологически активных веществ для обработки семян и вегетирующих растений сои, их влияние на ростовые процессы и продуктивность

Регуляторы роста оказывают воздействие и на формирование элементов структуры урожая – увеличение выхода полноценных бобов, массы семян с одного растения и массы 1000 семян, особенно различия с контролем без обработки выражены в годы со стрессовыми факторами среды, например – повышенные температуры, особенно в критические для сои периоды, и отсутствие осадков.

Многочисленными исследованиями ученых ФНАЦ ВИМ, ВНИИ сои, а также других научных и образовательных учреждений, подтверждено положительное влияние применения внекорневых подкормок вегетирующих растений сои в фазу R1 – R3 (начало цветения – образование плодов) с целью повышения их устойчивости к неблагоприятным факторам, повышения урожайности и сбора белка с гектара.

В исследованиях обработка вегетирующих растений сои препаратами Эпин-Экстра, Циркон, Силиплант и Флоравит проводилась при наступлении фаз R1 – начало цветения и R3 – образование бобов. В этот период происходит формирование генеративных органов и возникает возможность оказать влияние на этот процесс, формирование структуры урожая и

последующую продуктивность, а также усилить антистрессовую устойчивость посевов сои (таблица 30).

Таблица 30 – Биологически активные вещества, применяемые для обработки семян и вегетирующих растений сои

Препарат	Действующее вещество	Содержание действующего вещества	Химический класс
Эпин-Экстра, Р	24-эпибрасинолид	0,025 г/л	Растительные гормоны
Циркон, Р	Гидроксикоричная кислота	0,1 г/л	Фенольные соединения
Силиплант	Кремний	SiO ₂ 7,5-7,8 %, К 13–21 мг/л, Fe 0,42–0,54 г/л, MgO 0,12–0,13 г/л, Cu 0,09–0,27 г/л, Zn 0,74–0,87 г/л, Mn 0,32–0,37 г/л, Mo 0,06–0,074 г/л, Co 0,02–0,024 г/л, B 0,094–0,112 г/л	Микроудобрения
Флоравит	Fusarium Sambusinum fuckel F-3051D	Короткие пептиды 90 %, органические кислоты 0,1–0,2 %, полисахариды 0,04–0,05 %, бензоат натрия 0,1%	Биологически активные добавки
Ризоторфин	Клубеньковые бактерии Rhizobium sp.	Не менее 2,5 млрд. клеток бактерий на 1 г препарата	Биоудобрения

Эпин-Экстра (производитель: АНО «НЭСТ М») является растительным гормоном, относится к антистрессовым препаратам, обеспечивающим устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным условиям вегетационного периода, таким как засуха, условия избыточного увлажнения, резкие перепады температур и т.д. Действующим веществом является 24-эпибрасинолид.

Циркон (производитель: АНО «НЭСТ М») является природным регулятором негормонального происхождения, способствует активизации ростовых формообразовательных процессов, стимулированию иммунитета растений к болезням и неблагоприятным факторам среды, повышению урожайности, улучшению качества семян. Действующим веществом является гидроксикоричная кислота.

Силиплант (производитель: АНО «НЭСТ М») относится к кремнийсодержащим микроудобрениям (активный кремний (Si) – не менее 7 %, калий – 1%), помимо кремния содержит микроэлементы в хелатной форме (г/л): железо (Fe) – 0,3, магний (Mg) – 0,1, медь (Cu) – 0,7, цинк (Zn) – 0,08, марганец (Mn) – 0,3, молибден (Mo) – 0,06, кобальт (Co) – 0,015, бор (B) – 0,09. Способствует механической прочности растительных тканей, образует пленку на поверхности растений и увеличивает толщину листовой пластинки, затрудняя дыхание вредителей и прорастание спор патогенов микроорганизмов. Оказывает антистрессовое воздействие при перепадах температуры. Активизирует поступление в растение труднодоступных соединений фосфора и калия, тем самым снижая потребность растений в фосфорных и калийных удобрениях.

Флоравит (производитель: ООО «Гелла-Фарма», г. Москва) представляет собой комплекс биологически активных веществ, продуцентом которых является гриб *Fusarium Samburginum fuckel F-3051D*. «Флоравит» получают из биологически активной добавки к пище «Флоравит Э» (водный раствор) путем дополнительной пастеризации и добавления консерванта бензоата натрия. Препарат является пептидным биорегулятором, короткие пептиды являются информационными агентами, которые переносят информацию между клетками растения и могут активировать таким образом запуск многих физиологических процессов на клеточном уровне. «Флоравит Э» содержит органические кислоты (0,1–0,2 %), полисахариды (0,4–0,5 %), бензоат натрия (0,1 %) и воду (до 100 %). «Флоравит» имеет 100 % экологическую безопасность для живых организмов и окружающей среды.

Ризоторфин (производитель: предприятие «ЭКОС» ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии») – инокулянт на основе клубеньковых бактерий (активный штамм ризобий – 6346), предназначен для предпосевной обработки семян бобовых культур. Основу препарата составляют клубеньковые бактерии, которые способны вступать в симбиоз с бобовым растением. В результате на корнях образуются клубеньки, которые фиксируют молекулярный азот из воздуха и переводят его в доступную для растений форму. Для каждого вида бобовых растений используются специфические только для них и наиболее эффективные штаммы клубеньковых бактерий.

Важную роль для образования клубеньков и их нормального функционирования, особенно если соя высевается впервые, играет инокуляция семян перед посевом ризоторфином. Помимо этого, семена рекомендуется обрабатывать биологически активными веществами. Комплексная обработка посевного материала позволяет в 1,5 раза повысить эффективность фотосинтетической и симбиотической деятельности растений в сравнении с применением одного лишь ризоторфина.

В исследованиях были заложены лабораторный и полевой эксперименты с семенами сои, обработанными биологически активными веществами Эпин-Экстра, Циркон, Силиплант, Флоравит, а также контрольный вариант без обработки.

При обработке семян биологически активными веществами энергия прорастания была на 18–21 % выше, чем в контрольном варианте, лабораторная всхожесть – на 3–9 %, а полевая всхожесть на 5–10 %, наибольшие значения были отмечены при обработке Силиплантом и Флоравитом (таблица 31).

Таблица 31 – Влияние обработки биологически активными веществами семян сои на энергию прорастания, всхожесть и морфометрические показатели проростков

Вариант	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть, %	7 сутки				10 сутки			
				длина корней		длина проростков		длина корней		длина проростков	
				мм	% от к.	мм	% от к.	мм	% от к.	мм	% от к.
Контроль без обработки	68	87	78	23	100	56	100	29	100	75	100
Эпин-Экстра	78	90	82	25	109	57	102	31	107	79	105
Циркон	80	92	82	27	117	65	116	34	117	84	112
Силиплант	82	95	86	29	126	69	123	37	128	91	121
Флоравит	80	92	84	27	117	67	120	35	121	88	117
НСР ₀₅	1,5	2,0	1,2	2,4	-	2,5	-	2,8	-	2,6	-

Наилучшие морфометрические показатели корней и проростков были отмечены 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.

Полученные результаты – увеличение энергии прорастания, лабораторной и полевой всхожести, симбиотической деятельности растений и показателей элементов структуры урожая – свидетельствуют о достаточно высокой эффективности применения биопрепаратов для обработки семян сои перед посевом.

Обработка вегетирующих растений сои биологически активными веществами производилась однократно в каждую фазу водным раствором в концентрациях, рекомендованных производителем для каждого препарата, расход баковой смеси составил 250–300 л/га. Также для сравнения был контрольный вариант, на котором обработка не проводилась. В задачи исследований входило установить влияние биологически активных веществ Эпин-Экстра, Циркон, Силиплант и Флоравит на симбиотическую и фотосинтетическую деятельность посевов сои, а также определить показатели продуктивности растений и выход белка с гектара.

Одной из поставленных задач было установить, оказывают ли биостимуляторы влияние на формирование сухой биомассы растений сои в разных условиях увлажнения вегетационного периода. В результате учета сухой биомассы, который осуществлялся к завершению периода R1–R4 (цветение – образование плодов) было установлено, что в условиях дефицита влаги ($ГТК < 0,7$) у сортов различного эколого-географического происхождения наибольшее по сравнению с контролем нарастание сухой биомассы было в вариантах с обработкой препаратами Циркон и Силиплант (рисунок 45, приложение О).

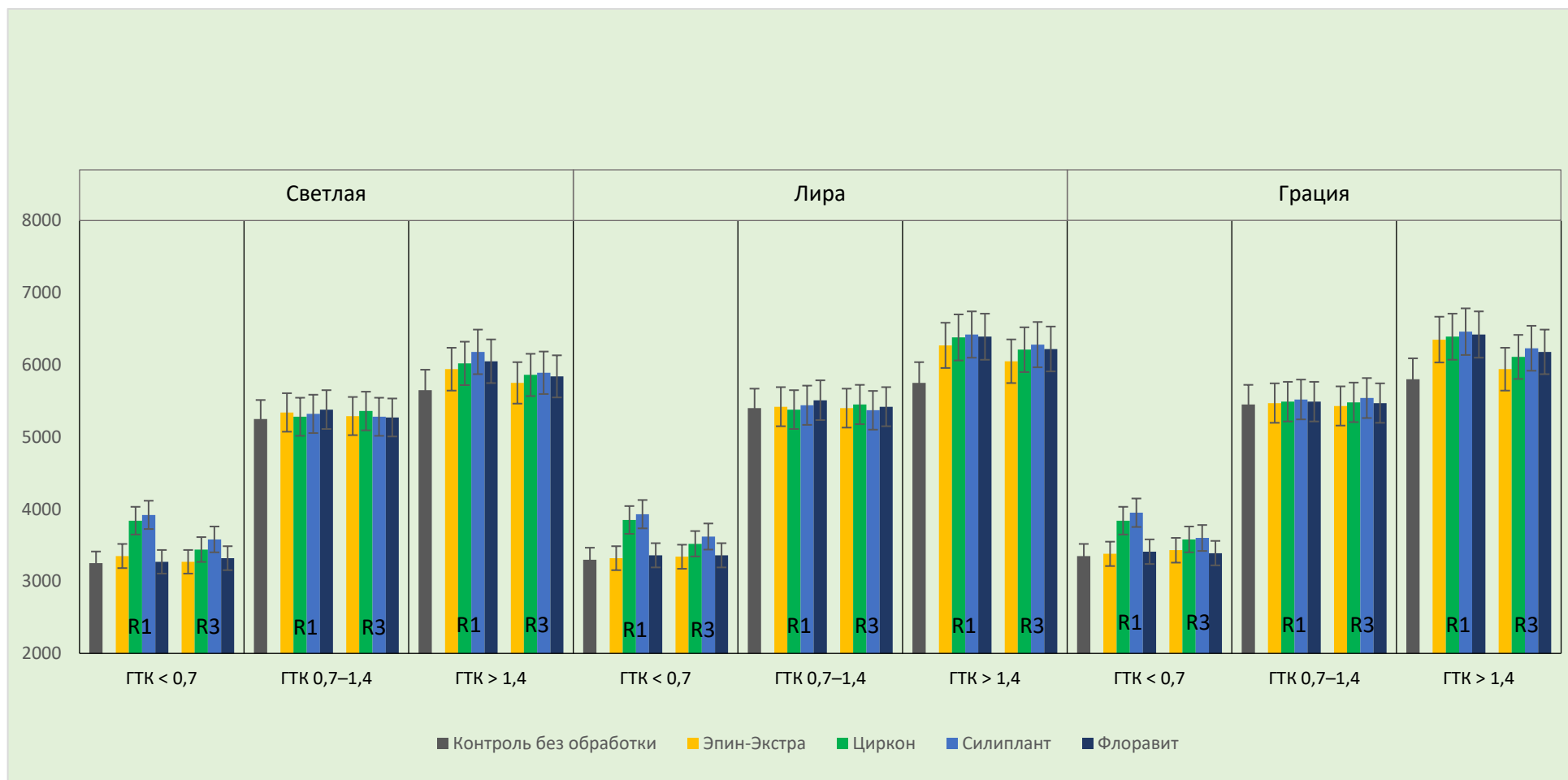


Рисунок 45 – Влияние обработки биологически активными веществами на формирование сухой биомассы сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода на конец периода R1–R4 (цветение – образование плодов), кг/га

Величина нарастания сухой биомассы к завершению периода в этих вариантах была на 600–700 кг/га, или на 18–22 % выше, чем в других вариантах и по сравнению с контролем. Причем наибольший эффект был получен при обработке вегетирующих растений на более ранних этапах роста и развития, в данном случае в фазу R1 – начало цветения.

При близких к оптимальным, условиях влагообеспеченности вегетационного периода (ГТК 0,7–1,4) разница между контрольным вариантом и вариантами с обработкой биологически активными веществами была незначительной.

В условиях избыточного увлажнения (ГТК > 1,4) растения сои в вариантах с применением биологически активных веществ быстрее, чем в контрольном варианте переходили к фазам R6 и R7 – полный налив семян и начало созревания, что является важным фактором при возделывании сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны.

В условиях избыточного увлажнения в вариантах с обработкой биологически активными веществами сформировалось большее количество сухой биомассы на конец периода R1 – R4 (цветение – образование плодов) за счет большего количества плодоземельных элементов, причем в большей степени это проявилось при обработке в фазу R1 – начало цветения.

Так как обработка вегетирующих растений биологически активными веществами оказывает непосредственное влияние на функционирование симбиотического аппарата сои, в опытах провели учет образования клубеньков на корнях растений. В результате эксперимента было выявлено существенное увеличение количества и массы клубеньков по сравнению с контролем при обработке растений в фазу R1 – начало цветения в вариантах с применением препаратов Циркон, Силиплант и Флоравит, прирост количества клубеньков составил 35–49 % к контролю (таблица 32).

В варианте с обработкой растений сои в фазу R3 – образование плодов существенного прироста числа и массы клубеньков зафиксировано не было, прирост по отношению к контролю составил 2–9 %.

Таблица 32 – Влияние обработки биологически активными веществами на формирование симбиотического аппарата сои в разные фазы обработки

Вариант	Обработка в фазу R1 – начало цветения				Обработка в фазу R3 – образование плодов			
	Количество клубеньков, шт./м ²	% к контролю	Масса клубеньков, г/м ²	% к контролю	Количество клубеньков, шт./м ²	% к контролю	Масса клубеньков, г/м ²	% к контролю
Контроль без обработки	535	100	24,8	100	548	100	25,3	100
Эпин-Экстра	587	110	26,9	108	558	102	25,6	101
Циркон	720	135	32,6	131	576	105	26,4	104
Силиплант	795	149	38,5	155	597	109	27,1	107
Флоравит	784	147	36,9	149	585	107	26,9	106
НСР ₀₅	38	-	1,6	-	34	-	0,8	-

Биологически активные вещества способствуют мобилизации генетического потенциала растений путем усиления фотосинтеза и продукционных процессов, определяющих последующую урожайность культуры. В конце вегетационного периода проводился учет продуктивности растений сои при разных вариантах обработки биологически активными веществами. Оценивались показатели структуры урожая (высота растения и крепления нижнего боба, число плодов и семян с растения в перерасчете на единицу площади, масса 1000 семян, урожайность семян), а также содержание белка в семенах и его сбор с гектара (таблица 33).

Обработка биологически активными веществами оказала влияние на высоту растений сои, которая составила от 71 до 77 см в зависимости от варианта, наибольшая высота растений была отмечена при обработке посевов Цирконом, Силиплантом и Флоравитом в фазу R1 – начало цветения. Соответственно росту высоты растений увеличилась и высота крепления нижнего боба, которая составила в этих вариантах от 13,0 до 13,7 см, в то время как в контрольном варианте высота крепления нижнего боба была 11,7 см.

При обработке посевов биологически активными веществами в фазу R1 – начало цветения в большей степени возросло число бобов и семян на растение, значения показателей составили 39–42 и 84–93 шт. на растение против 35 и 73 шт. на растение в контрольном варианте. Наибольшие значения бобов и семян на растение были отмечены в вариантах с обработкой Силиплантом и Флоравитом.

Масса семян с растения и масса 1000 семян также были наибольшими при обработке посевов в фазу R1 – начало цветения, прирост к контролю составил 12–18 %, наилучшие значения были отмечены в вариантах с обработкой Силиплантом и Флоравитом.

Таблица 33 – Влияние обработки биологически активными веществами на элементы структуры урожая сортов сои различного эколого-географического происхождения

Вариант	Контроль без обработки	Обработка в фазу R1 – начало цветения				Обработка в фазу R3 – образование плодов				НСР ₀₅
		Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	Флоравит	Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	Флоравит	
<i>Светлая</i>										
Высота растений, см	68	70	72	74	73	68	69	66	67	3,0
Высота крепления нижнего боба, см	11	12	13	13	12	12	11	12	12	0,7
Число бобов, шт./раст.	32	38	37	43	37	35	34	36	37	2,8
Число семян, шт./раст.	68	83	80	89	94	68	78	69	75	3,2
Масса семян, г/раст.	10,3	14,2	13,8	15,2	15,5	10,5	13,9	12,5	11,8	4,5
Масса 1000 семян, г	139	168	172	178	182	152	175	168	162	5,2
<i>Лура</i>										
Высота растений, см	72	76	77	78	76	71	74	73	74	3,0
Высота крепления нижнего боба, см	12	13	14	14	13	12	13	13	12	0,8

Продолжение таблицы 33

Число бобов, шт./раст.	36	38	37	42	37	38	43	38	38	3,2
Число семян, шт./раст.	72	85	92	98	92	76	78	80	77	3,6
Масса семян, г/раст.	11,5	13,8	14,2	15,3	14,6	12,3	12,8	13,6	12,4	4,2
Масса 1000 семян, г	153	168	172	178	175	158	168	174	165	4,8
<i>Грация</i>										
Высота растений, см	74	76	78	78	78	75	74	73	75	2,5
Высота крепления нижнего боба, см	12	13	14	14	14	12	12	12	13	1,2
Число бобов, шт./раст.	38	40	44	42	46	38	41	40	39	3,0
Число семян, шт./раст.	78	85	95	92	94	80	82	78	80	2,8
Масса семян, г/раст.	11,4	12,8	13,7	13,2	14,3	12,5	12,5	11,9	12,3	3,8
Масса 1000 семян, г	148	155	152	158	162	152	148	140	148	3,2

Применение биологически активных веществ способствовало росту индивидуальной продуктивности растений сои в посевах. Все исследуемые сорта различного эколого-географического происхождения продемонстрировали положительную реакцию на обработку посевов биологически активными веществами, в большей мере проявившуюся при варианте обработки в фазу R1 – начало цветения.

Сорт сои северного экотипа Светлая сформировал максимальную индивидуальную продуктивность на растении в варианте с обработкой препаратом Флоравит в фазу R1 – начало цветения. Число бобов и семян с растения в этом варианте составило соответственно 37 и 94 шт., масса 1000 семян – 182 г., что на 30 % выше контроля.

Сорт южного эколого-географического происхождения Лира сформировал максимальную продуктивность в варианте с обработкой препаратом Силиплант в фазу R1 – начало цветения. Число бобов и семян с растения в этом варианте составило соответственно 42 и 98 шт., масса 1000 семян – 178 г., что на 16 % выше контроля.

Дальневосточный сорт сои Грация сформировал максимальную продуктивность при обработке препаратом Флоравит в фазу R1 – начало цветения. Число бобов и семян с растения в этом варианте составило соответственно 46 и 94 шт., масса 1000 семян – 162 г., что на 10 % выше контроля.

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 46, приложение П). Сбор протеина в этих вариантах составил от 778 до 921 кг с гектара (рисунки 47, 48, приложение Р). Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила по урожайности – 15–23 %, по сбору белка – 15–25 %.

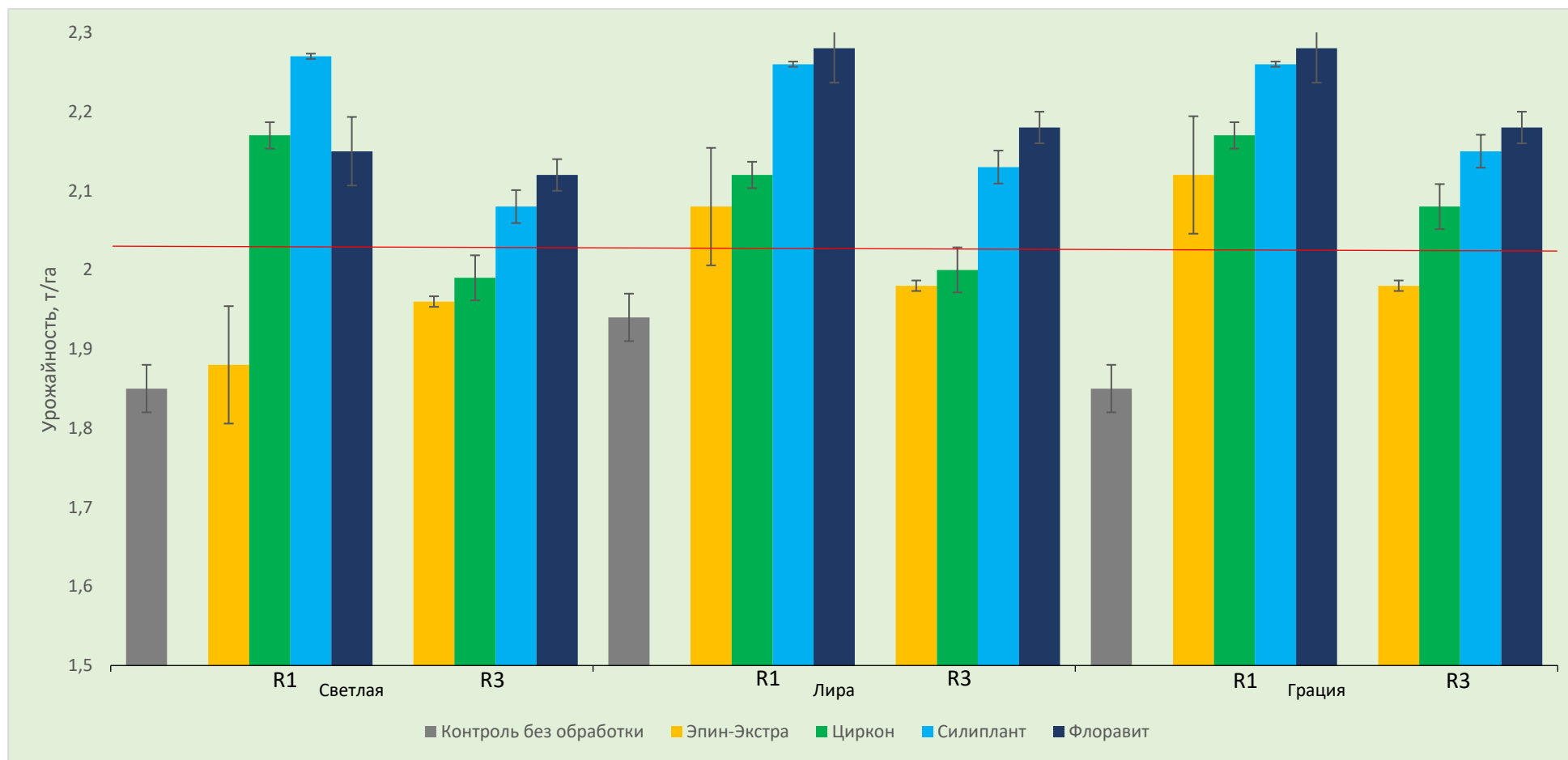


Рисунок 46 – Влияние обработки биологически активными веществами на урожайность сортов сои различного эколого-географического происхождения

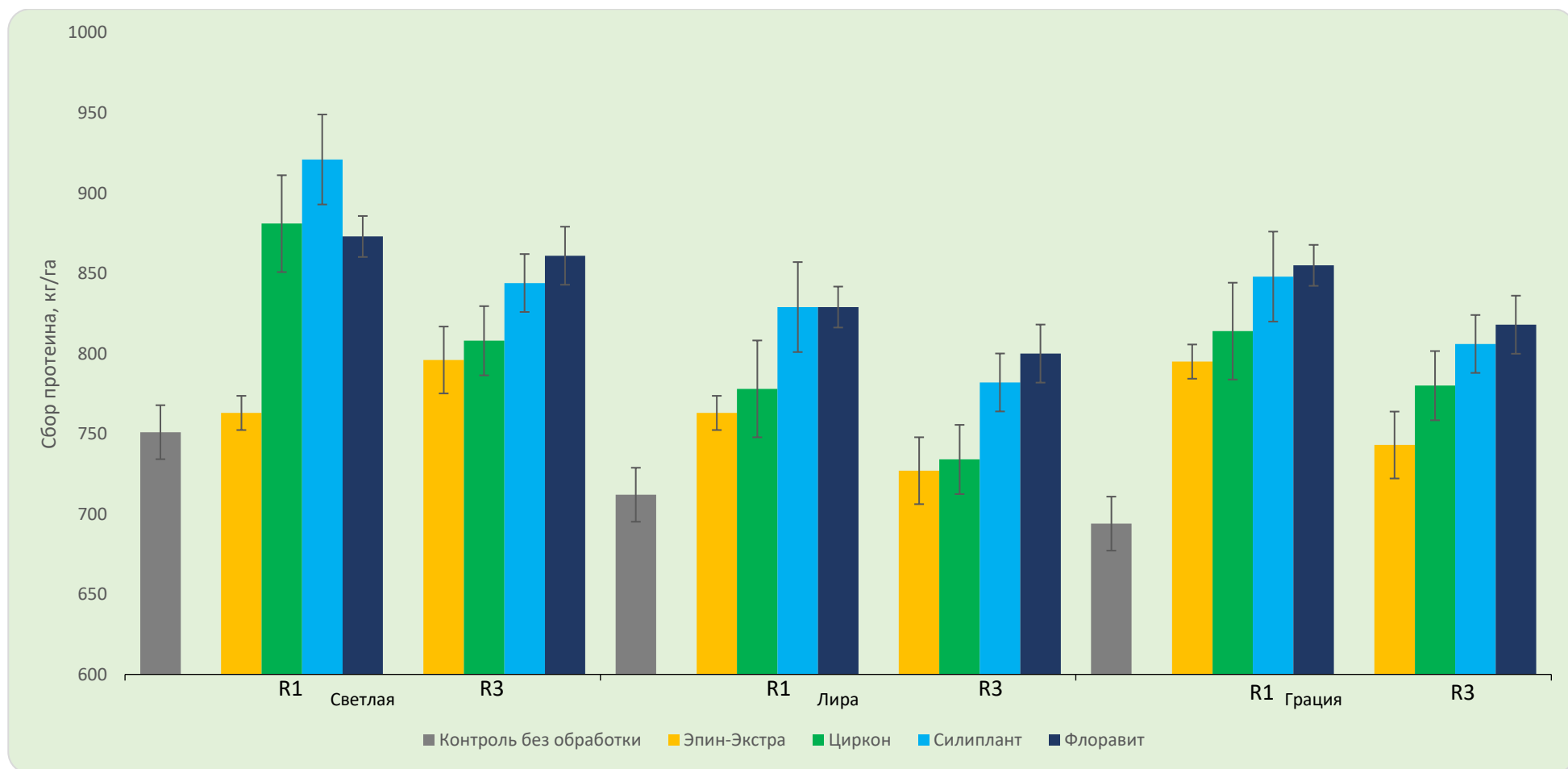


Рисунок 47 – Влияние обработки биологически активными веществами на сбор протеина с гектара по сортам сои различного эколого-географического происхождения

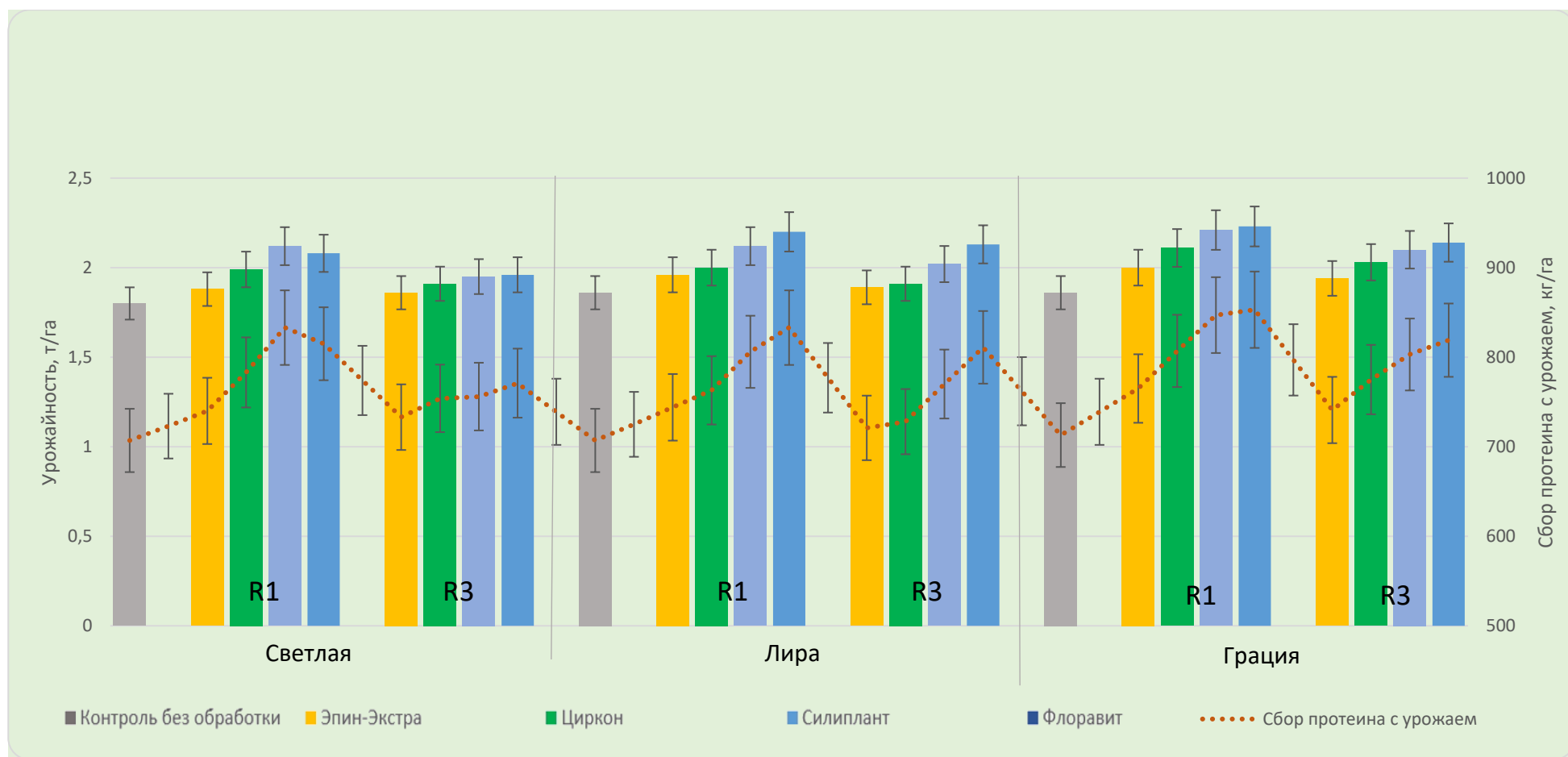


Рисунок 48 – Влияние обработки биологически активными веществами на урожайность семян и сбор протеина по сортам сои различного эколого-географического происхождения

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.

6.4. Эффективность применения пинцировки на сортах сои полудетерминантного типа роста

При возделывании сои в Центральном районе Нечерноземной зоны большинство исследователей отдадут предпочтение сортам детерминантного (ограниченного) типа роста, с минимальным ветвлением или полным отсутствием боковых побегов. Такие сорта характеризуются уникальной скороспелостью, они имеют короткий период цветения, после которого их линейный рост прекращается и начинается процесс созревания семян.

Однако, применение такой стратегии требует определенной осторожности, поскольку у детерминантных сортов сои уменьшение длины стебля и числа ветвей приводит к снижению потенциальной продуктивности, а также к уменьшению высоты крепления нижнего боба, что в свою очередь

ведет к потерям урожая при уборке. Кроме того, плотность агроценоза у таких сортов регулируется нормой высева, и, в случае неблагоприятных погодных условий в период появления всходов, возможно существенное их изреживание, которое не компенсируется ветвлением боковых побегов из-за их отсутствия.

Сорта полудетерминантного или индетерминантного типа роста, формирующие боковые побеги, способны компенсировать изреженность посева, возникающую из-за пониженной всхожести по причине возможных весенних заморозков, возврата холодов, образования почвенной корки и др. Они, как правило, более позднеспелые, но и более урожайные. При этом характеризуются более высоким креплением нижних бобов, что обеспечивает минимальные потери при уборке.

Однако в годы с повышенной влагообеспеченностью и дефицитом тепла сроки созревания таких сортов сои могут сдвигаться на конец сентября – начало октября, когда (вследствие частых дождей, характерных для этого времени года) условия уборки складываются неблагоприятно из-за высокой влажности бобов и семян. При таких погодных условиях сорта индетерминантного (неограниченного) типа роста более других склонны к израстанию, самозатенению и полеганию. Механизованная уборка таких посевов крайне затрудняется.

В соеводстве для оптимизации дозревания и уборки в условиях переувлажнения чаще всего применяют десикацию посевов – предуборочное подсушивание растений с помощью десикантов (химических препаратов), обеспечивающих снижение влажности семян с 30 до 15 %. Однако, зерно сои, убранное таким способом, не допускается к использованию на пищевые и кормовые цели.

В современных технологиях существует ряд альтернативных экологически безопасных способов оптимизации созревания культур, в том числе пинцировка (от нем. *pinzieren* – удалять конец) – удаление верхушки молодого побега. Прием широко используется в овощеводстве. В соеводстве

широкого применения прием не имеет. В единичных работах показано положительное влияние пинцировки на формирование генеративных органов у сои, повышение урожайности и улучшение посевных и технологических свойств семян (Кобозева Т.П., Попова Н.П. и др., 2020).

Целью исследований было обоснование целесообразности и эффективности применения пинцировки на сое полудетерминантного или индетерминантного типа роста, определить оптимальный срок проведения приема, обеспечивающий существенное сокращение вегетационного периода без потери продуктивности посева и снижения качества урожая.

В качестве объекта исследований был взят сорт сои северного экотипа Окская, полудетерминантного типа роста, с повышенным ветвлением, относящийся к группе спелости 000. Пинцировку посевов проводили в три срока: в начале фазы цветения, в середине фазы цветения и в начале фазы образования бобов.

Пинцировка посева позволяет существенно сократить период вегетации и убрать посева в более благоприятные сроки. В ходе исследований установлено, что пинцировка посевов, независимо от срока ее проведения, вызывала уменьшение высоты главного побега при усилении его ветвления, но вызывала снижение высоты крепления нижнего боба. Эти закономерности были выражены тем сильнее, чем раньше проводился прием.

В среднем за годы исследований вегетационный период у изучаемого сорта сои составил 140 дней. При пинцировке посева в начале цветения период вегетации сократился в среднем на 6 дней, в середине цветения – на 8 и в начале образования бобов – на 15 дней (таблица 34).

Таблица 34 – Влияние пинцировки на рост и развитие сои

Показатель	Срок проведения пинцировки			
	R1 (начало цветения)	R2 (полное цветение)	R3 (начало образования плодов)	Без пинцировки (контроль)
Высота растений, см	62	68	78	89
Боковых побегов, шт./раст.	2,7	1,6	1,5	1,3
Крепление нижнего боба, см	8,4	10,5	14,7	16,8
Период от посева до полной спелости, дней	134	129	125	140

Высота растений по сравнению с вариантом без пинцировки снижалась в 1,51 раза, при пинцировке в середине цветения – в 1,41, при применении приема в начале образования плодов – в 1,11 раза, высота крепления нижнего боба уменьшалась, соответственно, в 2,00; 1,49 и 0,90 раза.

Число боковых побегов на растении определяется генотипом сорта, детерминируется густотой стояния растений и условиями выращивания. Сорт Окская при норме высева 600 тыс. всхожих семян на 1 га, характеризовался умеренным ветвлением (в среднем 1–2 боковых побега на растении). Пинцировка способствовала увеличению числа боковых побегов главного стебля, особенно при ранних сроках пинцировки, с 1,3 до 2,7 шт./раст., то есть более чем в 2 раза.

Известно, что соя азотфиксирующая культура, за счет симбиоза (взаимовыгодного сожительства клубеньковых почвенных бактерий и растений) способна на 70–75 % обеспечивать себя азотом, потребляя его из атмосферы. Пинцировка отрицательно сказалась на азотфиксирующей активности культуры (таблица 35).

Таблица 35 – Влияние пинцировки на фотосинтетическую и симбиотическую деятельность посевов сои

Показатель	Срок проведения пинцировки			
	R1 (начало цветения)	R2 (полное цветение)	R3 (начало образования плодов)	Без пинцировки (контроль)
<i>Фотосинтетическая деятельность посева</i>				
Максимальная площадь листьев, м ² /га	29 325	31 324	34 063	38 336
ФСП, м ² хдней/га	1 493	1 549	1 598	2 041
Сбор АСВ, т/га*	4,72	5,46	5,88	6,09
Урожайность, т/га**	1,49	1,72	1,89	1,99
<i>Симбиотическая деятельность посева</i>				
Продолжительность активного симбиоза, дней	82	79	75	89
АСП, кг×дней/га	17 304	17 706	17 553	22 711
Количество азота, фиксированного из воздуха, кг/га	84,7	84,9	84,2	108,9
*НСР ₀₅ , т/га: 0,43 **НСР ₀₅ , т/га: 0,19				

Под влиянием пинцировки продолжительность активного симбиоза (продолжительность функционирования активных клубеньков на корнях) закономерно уменьшалась: на 5 дней при ранней (в фазу начала цветения), на 8 дней при средней (в середине цветения) и на 15 дней при поздней пинцировке (проводимой в начале образования плодов).

Активный симбиотический потенциал посева (АСП) – произведение максимальной массы активных клубеньков на продолжительность активного симбиоза – с той же последовательностью уменьшался при ранней

пинцировке в 1,30 раза, при средней – в 1,24, при поздней в 1,21 раза, и, как следствие, снижалось количество азота, усвоенного посевом из воздуха. На контроле АСП составил 103,8 кг/га, в вариантах с пинцировкой снизился более чем на 20 кг/га. Можно предположить, что незначительный дефицит азота, сформировавшийся в варианте с поздней пинцировкой, также способствовал ускорению созревания.

Чем раньше проводилась пинцировка, тем сильнее снижались показатели фотосинтетической деятельности посева. Максимальная площадь листьев в контрольном варианте без пинцировки составила 38 336 м²/га, при пинцировке она снизилась: в начале цветения – в 1,30 раза, в середине цветения – в 1,21, в начале образования плодов – в 1,11 раза. Фотосинтетический потенциал посева (ФСП) – произведение площади листьев на продолжительность их функционирования – по сравнению с контролем без пинцировки уменьшался соответственно в 1,40; 1,31 и 1,21 раза. Однако, при достоверном снижении сбора абсолютно сухого вещества (АСВ) и урожайности в вариантах с ранней и средней пинцировкой, достоверных различий по этим показателям между вариантом с поздней пинцировкой и контролем получено не было. То есть продуктивность посева при пинцировке, проведенной в начале образования плодов, снижалась на 0,1 т/га, что в пределах НСР₀₅. В результате на контроле сбор сухого вещества составил 6,09 т/га, урожайность семян – 1,99 т/га, при поздней пинцировке соответственно 5,88 и 1,89 т/га.

Пинцировка не оказала существенного влияния на содержание белка и жира в семенах, белковая и масличная продуктивность в вариантах опыта была в большей степени обусловлена урожайностью (таблица 36).

Таблица 36 – 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)
<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 , кг/га: 79 **НСР ₀₅ , кг/га: 36				

Белковая и масличная продуктивность существенно снижались при проведении пинцировки в начале и середине цветения и были на уровне контроля в варианте с поздней пинцировкой, проведенной в конце фазы цветения – 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.

В ходе эксперимента также установлено, что пинцировка оказала существенное влияние на фракционный состав семян. В варианте без пинцировки доля семян крупной фракции (более 5 мм в диаметре) составила в среднем 80 %. Удаление точки роста в начале образования плодов способствовало увеличению доли крупной фракции до 89 %.

Пинцировка посевов сои может выполняться обычными косилками на высоком срезе. Затраты на проведение этого приема окупаются сокращением затрат на уборку. Таким образом, можно сделать вывод, что пинцировка посевов сои позволяет оптимизировать процессы созревания без снижения продуктивности и качества урожая, при этом затраты на проведение пинцировки окупаются уменьшением затрат на уборку. Полученные данные могут быть использованы при оптимизации технологий выращивания сои полудетерминатного или индетерминантного типа роста на северной границе соеяния.

Заключение по главе 6

С целью увеличения продуктивности, обеспечения получения стабильного урожая семян и сокращения продолжительности вегетационного периода целесообразно применить агротехнические приемы по оптимизации технологии возделывания интродуцируемых сортов.

Наибольшая продуктивность при благоприятных условиях увлажнения была отмечена при посеве всех сортов во второй срок – с 6 по 10 мая – и составила 2,5–2,7 т/га. При этом сроке посева были максимальными значения количества бобов, семян на растение и массы 1000 семян. Этому способствовал посев семян в хорошо прогретую почву, своевременность появления всходов и дальнейшее активное формирование растениями зеленой массы и плодэлементов. Наиболее близким по основным элементам структуры урожая ко 2-му сроку посева оказался 3-й. При этих сроках посева максимальными оказались значения массы семян с 1 растения и массы 1000

семян, соответственно 3,8–4,1 г/раст. и 174–184 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.

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. Дальнейшее повышение густоты не является целесообразным, так как индивидуальная продуктивность растений за счет загущенности посевов снижается, при этом возрастают затраты на посевной материал.

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.

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 %.

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.

ГЛАВА 7. ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

7.1. Вариабельность урожайности раннеспелых сортов сои в зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода

Элементы продуктивности растений формируются на разных этапах (периодах) онтогенеза и определяют уровень урожайности: число бобов и семян на растении, масса семян, число семян в среднем на один боб, масса 1000 семян. Число бобов и семян, сформировавшихся на растениях в критический период цветения, образования и роста плодов может служить прогностическим показателем потенциальной урожайности семян.

Максимально возможная масса 1000 семян – сортовой признак. Его реализация зависит от числа сформировавшихся плодов и семян, их расположения на растении, а также от условий налива семян. Масса 1000 семян и число семян в одном бобе на боковых побегах всегда значительно ниже, чем на главном.

Вариабельность элементов продуктивности в значительной степени зависит от складывающихся метеорологических факторов в течение вегетации. Засушливые условия угнетают рост и развитие растений сои. В то же время обилие осадков усиливает вегетативный рост и образование бобов на боковых побегах.

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, особенно в определенные критические периоды.

Лимитирующим фактором в отдельные критические периоды роста и развития сои в условиях Рязанской области является недостаток влаги.

Нижний порог активных среднесуточных температур формируется к середине мая, но при этом часто бывают засухи. Биологические минимумы температур выдерживается на всех этапах роста и развития, и, если не наступают аномальные периоды засухи или переувлажнения, сорта сои северного экотипа созревают в августе – начале сентября.

Ограничивающими факторами для выращивания сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны являются продолжительная вегетация, а также недостаточное количество тепла и влаги в период налива и созревания семян. В связи с этим представляет несомненный практический интерес дальнейшее создание и внедрение сортов сои северного экотипа, которые получены благодаря глубокой отселектированности этой культуры применительно к конкретным особенностям зон выращивания.

Нижний порог активных среднесуточных температур для роста и развития растений сои составляет 15–17°C, критическим периодом является цветение и образование бобов. Ареал распространения сои ограничивается суммой активных температур и датой наступления первого заморозка. При районировании сортов по агроклиматическим зонам принимается во внимание, что для полного созревания ультраскороспелым и раннеспелым сортам требуется сумма активных температур 1700–2100°C, а позднеспелым – 3000–3200°C.

Соя – светолюбивая культура, чувствительная к изменению длины дня. Однако ультраскороспелые сорта как правило имеют нейтральную фотопериодическую реакцию. Являясь растением муссонного климата, соя влаголюбива. При этом, в период от всходов до цветения растения выдерживают временный дефицит влаги в почве и высокие температуры воздуха. Критическим по требовательности к влаге является период от начала цветения до завершения налива семян, в это время сое необходимо 50–70 % суммарного водопотребления за вегетацию. Дефицит влаги в этот период ведет к снижению продуктивности растений (Белышкина М.Е., Гуреева Е.В., 2020).

Исследования проводились в Рязанской области, где сумма активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ увеличивается с севера на юг и составляет от 2155°C до 2355°C , гидротермический коэффициент составляет 1,2–1,3. Хотя само по себе значение гидротермического коэффициента за вегетацию не является критерием хорошего или плохого развития посевов, в большей степени важна равномерность распределения осадков по периодам вегетации, особенно в критические периоды бутонизации – цветения – образования плодов.

Среднесуточная температура в регионе в мае составляет 12,7; в июне – 16,6; в июле – 18,8; в августе – $17,1^{\circ}\text{C}$. С сентября происходит значительное понижение температуры: в I декаде – до 13,0, во II – до 11,1, в III – до $9,2^{\circ}\text{C}$ (приложения Г, Д). Биологический минимум температур для сои по периодам вегетации: посев–всходы – $7-9^{\circ}\text{C}$, формирование репродуктивных органов – $14-16^{\circ}\text{C}$, цветение – $16-17^{\circ}\text{C}$, образование семян – $12-13^{\circ}\text{C}$, созревание – $8-9^{\circ}\text{C}$. При более низких температурах развитие растений задерживается, а температуры выше биологического минимума ускоряют его.

Некоторые периоды роста и развития растений сои происходят одновременно. Так, в период цветения сои продолжается вегетативный рост, последовательно снизу-вверх по ярусам формируются плоды и начинается налив семян в нижних бобах. Этот период является критическим в формировании урожая, к его завершению отмечается максимальная за вегетацию площадь листьев, а количество сформировавшихся на единице площади плодов характеризует потенциальный урожай.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2008–2020 гг. имели существенные различия по температурному и влажностному режимам (приложения А, Г, Д). За 13 лет наблюдений средние температурные значения превышали среднемноголетние на 2–6 градусов, что свидетельствует о постепенном потеплении климата в регионе.

Элементы структуры урожая сортов сои различного эколого-географического происхождения в разные по метеорологическим условиям

годы приведены в таблице 37. Данные были сгруппированы по степени влагообеспеченности вегетационного периода – засушливые условия ($ГТК < 0,7$), близкие к оптимальным ($ГТК 0,7-1,4$) и избыточного увлажнения ($ГТК > 1,4$).

На формирование показателей структуры урожая и их вариабельность у сортов сои различного эколого-географического происхождения оказывали наибольшее влияние метеорологические условия вегетационного периода, при которых происходило формирование элементов продуктивности. Так, засушливые условия оказывали угнетающее действие на ростовые процессы. Обилие осадков, наоборот, способствовало ветвлению растений сои, образованию бобов на боковых побегах. Сорты детерминантного типа роста были более стабильны по созреванию и урожайности семян, но при этом отличались меньшей продуктивностью по сравнению с полудетерминантными сортами.

К завершению периода цветения и образования плодов ($R1 - R2$) определяется число бобов и семян на растении. В период налива семян ($R3 - R4$) определяется масса 1000 семян. Масса 1000 семян является сортовым признаком и варьирует незначительно, однако при неблагоприятных метеорологических условиях изменяются скорость налива и продолжительность этого периода. Реакцией на тепловой стресс у сои является сбрасывание цветков и абортивность семян в дальнейшем, что в конечном счете сказывается на потенциальной урожайности. В засушливых условиях вегетационного периода при $ГТК < 0,7$ число бобов на растении снижалось в среднем на 30 % по сравнению с более благоприятными условиями.

Таблица 37 – Элементы структуры урожая сортов сои различного эколого-географического происхождения в разные по метеорологическим условиям годы

Сорта	На 1 растение, шт.						Масса семян, г/раст.			Масса 1000 семян, г.		
	бобов			семян			ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4
	ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4						
Магева	21	26	28	39	50	55	4,6	6,4	7,1	114	134	144
Окская	23	28	30	42	52	56	5,1	6,6	7,2	120	137	146
Светлая	22	25	27	40	48	53	4,9	5,8	7,0	118	127	142
Касатка	20	23	25	37	45	51	4,4	5,6	6,6	112	125	138
Георгия	22	26	27	39	49	52	4,7	6,0	6,8	115	132	140
Лира	25	30	32	45	54	58	5,6	6,8	7,4	125	138	148
Аванта	23	27	29	42	50	54	5,3	6,5	7,2	123	136	146
Бара	22	26	27	40	48	51	4,9	5,7	6,8	119	127	139
Персона	22	25	27	42	47	50	5,2	5,7	6,6	123	128	136
Умка	21	24	28	40	46	52	4,8	5,6	6,7	117	125	137
Лидия	23	26	28	43	48	53	5,4	5,8	6,9	125	129	139
Грация	23	26	29	44	49	55	5,5	6,0	7,1	126	132	142
НСР ₀₅	1,2	1,2	1,5	2,6	2,3	2,6	0,3	0,2	0,4	5,7	6,3	6,9

Число бобов и семян на главном побеге в разные годы и в зависимости от образца варьирует в значительно меньшей степени, чем на боковых. Поэтому удельный вес главного побега в урожае семян имеет большое значение с позиции рассмотрения таких характеристик сорта, как скороспелость, дружность созревания, выравненность семян и стабильность урожайности по годам. У более позднеспелых сортов доля бобов и семян, сформировавшихся на боковых побегах, выше.

В засушливых условиях число бобов на растении варьировало в зависимости от сорта от 20 до 25 шт. при соответствующем числе семян с растения – от 37 до 45 шт. В большей мере реагировали на недостаток влаги сорта детерминантного типа роста с наименьшим периодом вегетации – Магева, Светлая, Касатка и Персона. Благодаря способности формировать побеги второго и третьего порядка, сорта Окская, Георгия, Лира, Бара, Умка, Аванта, Лидия и Грация формировали большее количество плодоземелентов на растении.

При условиях влагообеспеченности, близких к оптимальным, число бобов и семян на растении возрастало по сортам в среднем на 20–25 % и составляло 23–30 и 45–54 шт. соответственно. В условиях избыточного увлажнения вегетационного периода формировалась максимальная индивидуальная продуктивность растений и составляла в среднем по сортам: бобов – 25–32 шт. и семян 50–58 шт. Максимальных значений эти величины достигали у сортов сои Окская и Лира.

Масса семян с растения составляла в засушливых условиях – от 4,4 до 5,6 г., в условиях увлажнения, близких к оптимальным – от 5,6 до 6,8 г., в условиях избытка влаги – от 6,6 до 7,4 г. Наибольшие значения массы семян с растения были у сортов Окская, Лира, Лидия и Грация; наименьшие – у сортов Касатка, Персона и Умка.

Масса 1000 семян варьировала от 112–126 г. в засушливых условиях до 136–148 г. в условиях вегетационных периодов с избыточным увлажнением.

Наибольшей масса 1000 семян была у сортов Окская, Лира, Лидия и Грация, наименьшей – у сортов Касатка, Персона и Умка.

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 49, приложение С). Наименьшую урожайность – 1,05 т/га – в засушливых условиях показал сорт северного экотипа Касатка, который является самым скороспелым и при недостатке влаги быстро формирует семена и переходит к наливу и созреванию.



Рисунок 49 – Урожайность и сбор белка с гектара по сортам сои в разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода (в среднем за 2008–2020 гг.)

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 0,9.

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.

7.2. Сравнительный анализ биохимического состава семян сортов сои северного экотипа и оценка их пригодности для переработки

Целью исследований было изучение качественных показателей семян сортов сои различного эколого-географического происхождения, оценка их пригодности для использования на пищевые цели. В программу исследований входило изучение содержания и качества белка и жира в семенах, изучение фракционного и аминокислотного состава белкового комплекса семян сои северного экотипа, жирно-кислотного состава, оценка

изучаемых сортов на соответствие требованиям, предъявляемым к кормовому и пищевому белку (таблица 38).

Таблица 38 – Биохимический состав семян сортов сои различного эколого-географического происхождения, %

Сорт	Белок	Жир	Крахмал	Клетчатка	Зола
Магева	39,2	20,3	1,16	5,32	4,49
Окская	38,9	19,1	0,94	5,56	4,56
Светлая	40,6	18,6	0,90	5,54	4,69
Касатка	39,4	18,0	0,48	5,70	4,67
Георгия	38,7	18,0	0,62	5,54	4,54
Ли́ра	36,7	23,5	0,85	5,42	4,43
Аванта	38,4	21,4	0,63	5,64	4,54
Бара	39,2	21,6	0,75	5,44	4,65
Персона	37,8	18,9	0,94	5,58	4,58
Умка	39,3	19,7	0,85	5,37	4,42
Лидия	38,5	19,1	0,78	5,67	4,68
Грация	37,5	19,3	0,84	5,65	4,56
НСР ₀₅	0,08	0,06	0,24	0,05	0,03

По биологической ценности и качеству соевый жир соответствует стандарту Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН и Всемирной организации здравоохранения, в его составе преобладают наиболее ценные ненасыщенные жирные кислоты (до 87 %), содержатся токоферолы (α , β , γ , δ), фосфолипиды, лецитин.

Учеными ВНИИМК имени В.С. Пустовойта (Петибская В.С., 2012) разработана классификация сортов сои по биохимическим показателям жира. Согласно этой классификации, все сорта делятся на две группы:

традиционные и пищевые. Пищевые сорта характеризуются повышенным содержанием белка (45,2 %) и пониженным – жира (17,8 %), соотношение полиненасыщенных жирных кислот – линолевой и линоленовой составляет 5,5. Традиционные сорта содержат меньше белка – 37,9 %, больше жира – 23,2 %, а соотношение линолевой и линоленовой жирных кислот составляет в среднем 7,7.

Согласно приведенной классификации, сорта сои северного экотипа занимают промежуточное положение между традиционными и пищевыми. По содержанию белка они превосходят традиционные, но несколько уступают пищевым. При благоприятных климатических условиях года и применении некоторых агрохимических приемов удавалось достичь содержания белка в сое на уровне 45 %. Полученные результаты являются подтверждением, что эти сорта вполне могут использоваться на пищевые цели, для получения соевых продуктов, а также обогатить корма для животных в качестве ценной белковой составляющей.

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 39). По соотношению линолевой и линоленовой кислот сорт сои северного экотипа Светлая выделяется среди остальных и соответствует пищевым сортам.

Таблица 39 – 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 линовой и линоленовой кислот – к традиционным.

Соевый белок, в отличие от других растительных белков, по аминокислотному составу не уступает белку животного происхождения, а усвоение его после термообработки достигает 80 % (Кретович В.Л., 1980). Изучаемые сорта характеризуются не только повышенным содержанием белка, но и хорошим составом незаменимых аминокислот. По этому показателю они зачастую превосходят традиционные и пищевые сорта. По содержанию метионина (0,50–0,53 %), треонина (1,41–1,47 %) и триптофана (0,28–0,30 %) межсортовых различий выявлено не было (таблица 40).

В 100 г семян сои содержится 32 % от суточной потребности взрослого человека в лизине, 18 % – в метионине, 49 % – в треонине и 30 % – в триптофане. Поскольку метионин является источником этилена, ускоряющего созревание, наибольшая его концентрация наблюдалась в засушливые солнечные годы и в семенах скороспелых сортов.

Таблица 40 – Аминокислотный состав семян (%) сортов сои

Аминокислоты	Северного экотипа	Южные	Дальневосточные	В среднем
<i>Незаменимые</i>				
Лизин	7,78	7,76	7,82	7,80
Триптофан	4,72	4,64	4,86	4,78
Гистидин	7,66	7,20	7,32	7,48
Аргинин	8,46	8,72	8,74	8,69
Метионин + цистеин	0,94	0,85	0,85	0,87
Треонин	4,33	4,27	4,22	4,30
Валин	10,02	9,78	9,62	9,72
Фенилаланин	3,55	3,58	3,54	3,54
Лейцин	9,71	9,84	9,75	9,79
Изолейцин	6,80	6,54	6,69	6,70
Сумма незаменимых	63,98	63,10	63,44	63,62
<i>Заменимые</i>				
Аспарагиновая	11,90	12,00	11,92	11,96
Глутаминовая	17,72	17,58	17,70	17,65
Серин	3,25	3,32	3,32	3,32
Пролин	6,56	6,58	6,56	6,58
Глицин	7,82	7,57	7,54	7,59
Тирозин	3,18	3,18	3,22	3,24
Сумма заменимых	50,44	50,26	50,29	50,32
Отношение – незаменимые/ заменимые	1,27	1,26	1,26	1,26

Существует следующая закономерность – в более северных широтах при невысоких температурах в сое повышается содержание белка, и наоборот, чем южнее выращивается соя и выше среднесуточные температуры, тем больше жира в семенах, а белка становится меньше. Однако, содержание белка и жира в семенах сои в Центральном районе Нечерноземной зоны может также варьировать в зависимости от условий вегетационного периода. Так, в засушливые годы, когда период недостаточного увлажнения приходился на бутонизацию, цветение и созревание сои, было отмечено снижение содержания белка в семенах, при этом содержание жира и углеводов возрастало.

В результате анализа жирно-кислотного состава, было выявлено, что содержание ненасыщенных жирных кислот, особенно мононенасыщенных, у исследуемых сортов ниже, чем у традиционных. В то же время, по соотношению линолевой и линоленовой кислот сорта северного экотипа превосходят традиционные сорта и приближаются к пищевым (таблица 41).

Погодные условия во многом определяют динамику физиологических процессов в растении, что в свою очередь влияет на соотношение белка и жира в семенах, а также на их качественный состав. Так в годы с недостаточным увлажнением, при подавлении деятельности симбиотического аппарата и сокращением фотосинтетического потенциала, отмечено минимальное содержание белка в семенах у всех сортов, при этом содержание жира и углеводов было максимальным.

По сумме полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой) группы сортов распределились в следующем порядке: дальневосточные – 58,97 %; северного экотипа – 58,88 % и южные – 58,34 %. По величине этого показателя все исследуемые сорта приближаются к традиционным (в среднем – 60,80 %) и пищевым (в среднем – 60,50 %).

Таблица 41 – Содержание жирных кислот в жире семян сортов сои различного эколого-географического происхождения

Сорт, форма	Жирная кислота, % от общего содержания						Сумма ненасыщенных (А+Б+В)	Сумма полиненасыщенных (Б+В)	Отношение линолевой (Б) к линоленовой (В)
	пальмитиновая	стеариновая	насыщенные	олеиновая мононенасыщенная (А)	линолевая (Б)	линоленовая (В)			
Северного экотипа	11,43	3,89	15,32	7,43	50,01	8,87	66,31	58,88	5,65
Южные	10,42	3,95	13,37	22,08	50,78	7,57	80,43	58,35	6,71
Дальневосточные	11,40	3,89	15,29	11,01	50,28	7,41	69,98	58,97	6,79
НСР ₀₅	0,02	0,03	0,04	0,18	0,28	0,38	-	-	-
Традиционные сорта	9,75	4,43	12,80	24,80	52,8	6,85	84,60	60,80	7,71
Пищевые сорта	13,6	2,7	13,80	19,50	54,5	9,9	80,00	60,50	5,50

По соотношению линолевой и линоленовой кислот, сорта расположились по возрастанию в следующем порядке: сорта северного экотипа – 5,65; южные – 6,71; дальневосточные – 6,79. Самыми близкими по данному показателю к пищевым сортам оказались сорта северного экотипа, к традиционным – южные и дальневосточные.

По содержанию олеиновой мононенасыщенной жирной кислоты (22,08 %) жир южных сортов более чем в 2 раза превосходил сорта северного экотипа (7,43 %) и дальневосточные (11,01 %), и приближались к традиционным сортам (24,80 %).

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

Погодные условия во многом определяют динамику физиологических процессов в растении, что в свою очередь влияет на соотношение белка и жира в семенах, а также на их качественный состав. Так в годы с недостаточным увлажнением, при подавлении деятельности симбиотического аппарата и сокращением фотосинтетического потенциала, отмечено минимальное содержание белка в семенах у всех сортов, при этом содержание жира и углеводов было максимальным. Например, у сорта Магева содержание жира в засушливые годы увеличивалось на 4,4 %. В целом влияние погодных условий на качество семян, в том числе на содержание жира, проявляется в большей степени в момент созревания семян.

В годы с достаточным увлажнением в 1,2–1,8 раза возрастало содержание в жире пальмитиновой кислоты, при недостатке влаги – олеиновой, линолевой и линоленовой, при этом сумма всех ненасыщенных жирных кислот составила в засушливые годы 73 %, при достаточном увлажнении – 67 % (таблица 42).

Таблица 42 – Содержание жирных кислот в жире семян сои сортов северного экотипа в зависимости от влагообеспеченности, % от общего содержания суммы жирных кислот

Сорт	Пальмитиновая			Стеариновая			Олеиновая			Линолевая			Линоленовая		
	ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК 0,7–1,4	ГТК > 1,4
Северного экотипа	11,14	11,41	11,62	3,93	3,82	3,77	10,01	8,77	7,94	50,60	49,79	48,95	9,97	7,65	6,84
Южные	11,00	11,51	11,74	3,93	3,88	3,72	12,70	9,41	8,67	51,10	50,80	49,88	9,00	5,80	4,27
Дальневосточные	10,91	11,80	11,88	3,90	3,87	3,82	12,98	10,22	9,35	50,90	49,95	49,28	10,02	7,43	6,22
НСР ₀₅	0,48	0,54	0,56	0,17	0,21	0,20	0,54	0,49	0,46	0,16	2,42	2,38	0,44	0,38	0,24

Установлено, что биохимический, минеральный и аминокислотный состав семян зависит от генотипа и условий вегетации. Сухая и жаркая погода способствует снижению в 1,1 раза содержания углеводов и сырого белка и в 1,2–1,5 раза повышению содержания жира.

Содержание линоленовой кислоты в жире дальневосточных сортов сои было в 1,22 раза больше, чем в жире южных сортов. При этом в более благоприятном году оно было в 1,2–1,3 раза выше, чем во влажном.

Содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты в засушливые годы у всех групп сортов было выше, чем во влажном. В среднем по сортам разница составила 2,75 % или в 1,3 раза. То же можно сказать о полиненасыщенной линолевой и, особенно, линоленовой кислотах. Так, в среднем по сортам, содержание линоленовой кислоты в жире семян сои в годы с дефицитом влаги было на 2,64 % больше, чем во влажном. По сортам эти различия составили: у сортов северного экотипа – 2,32 %, или в 1,30 раза; у южных – 3,19 %, или в 1,55 раза; у дальневосточных – 2,59 %, или в 1,35 раза.

Сумма всех незаменимых жирных кислот в жире всех групп сортов в среднем составила в засушливые годы 73 %, во влажные – 67 %, или на 6 % ниже. Эта разница у сортов северного экотипа составила 4,37 %, у южных – 6,78 %, у дальневосточных – 6,29 %. Просматривается сортовая реакция на изменение условий увлажнения и температуры, которая была особенно выражена у южных сортов.

Заключение по главе 7

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.

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 разного происхождения в опытах 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 линовой и линоленовой кислот – к традиционным.

ГЛАВА 8. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

Внедрение в производство новых технологий, сортов, осуществление агромероприятий, обеспечивающих повышение урожайности сельскохозяйственных культур, качества получаемой продукции требует в большинстве случаев дополнительных затрат труда, материально-денежных средств, применения новых, либо большего количества находящихся в серийном производстве технологических средств. Все вышперечисленное вызывает необходимость оценки агротехнических мероприятий и их организационного обоснования.

Такой объективной оценкой может быть определение экономической и энергетической эффективности возделывания культуры, сорта, применения технологического приема. Для этого необходимо учесть все энергозатраты на возделывание культуры или использование технологического приема и выявить степень окупаемости энергозатрат энергосодержанием урожая (Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., 1995).

Экономическая оценка агромероприятий дается на основе сопоставления следующих показателей: себестоимость единицы продукции, прибыль, уровень рентабельности, выход энергии с урожаем, чистый энергетический доход.

Закупочные цены на сою в нашей стране имеют достаточно значительную вариацию в течение года, возрастая с мая по сентябрь и снижаясь с октября по апрель (рисунок 50).

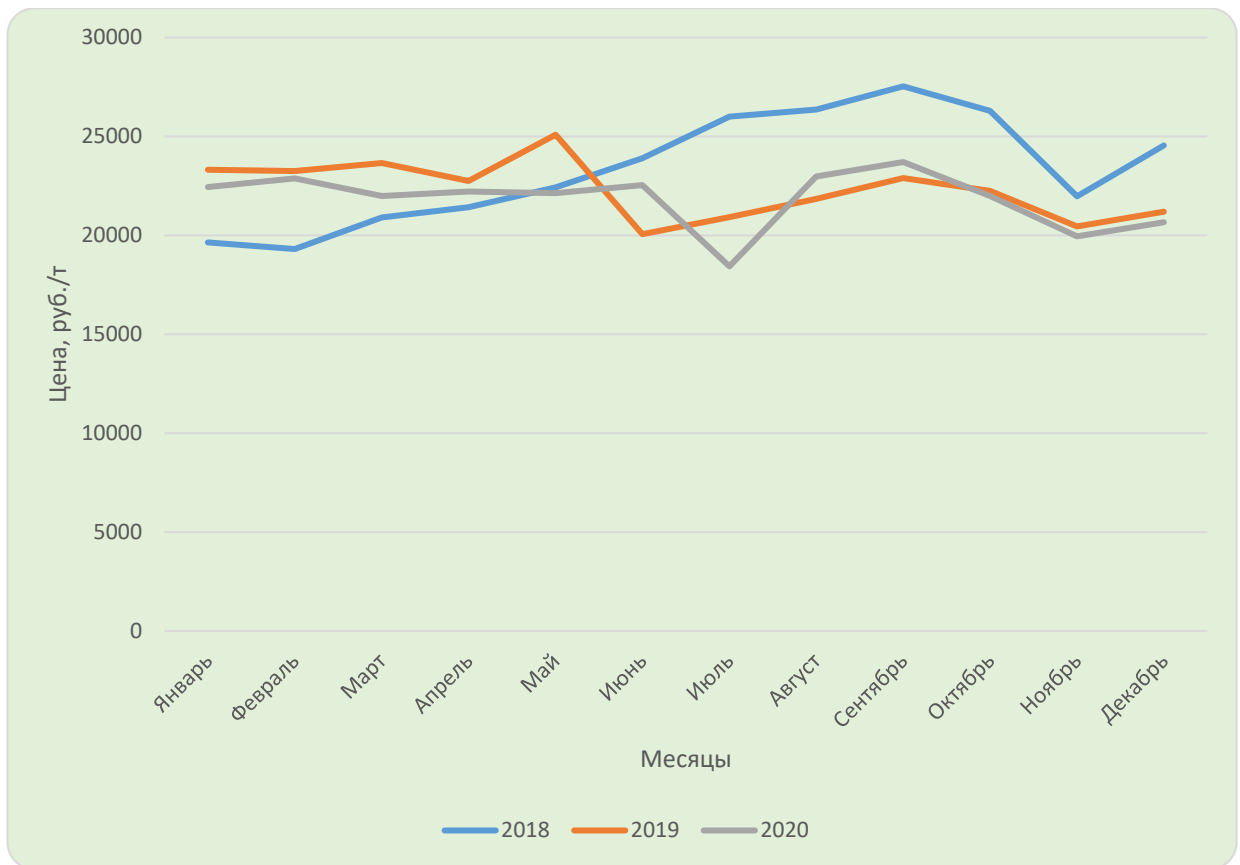


Рисунок 50 – Динамика цен на сою в Российской Федерации по месяцам в 2018–2020 гг.

Соя является высокорентабельной сельскохозяйственной культурой, экономическая целесообразность ее возделывания остается высокой при разном уровне цен на продукцию (таблица 43). 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 %.

Таблица 43 – Экономическая эффективность производства сои в зависимости от рыночной ситуации

Показатель	Закупочные цены на зерно сои					
	14 руб./кг (2010)			25 руб./кг (2020)		
	Окская	Светлая	Магева	Окская	Светлая	Магева
Урожайность зерна, т/га	1,66	1,73	1,71	1,66	1,73	1,71
Стоимость урожая, тыс. руб./га	23,2	24,2	23,9	41,5	43,3	42,8
Производственные затраты, тыс. руб./га	9,2	9,5	9,3	17,0	16,5	16,3
Условно чистый доход, тыс. руб./га	14,0	14,7	14,6	24,5	26,8	26,5
Рентабельность, %	152	155	157	144	162	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 (таблица 44).

По сортам наибольший условно чистый доход и уровень рентабельности был получен у южных сортов Лира, Аванта и Бара. Условно чистый доход составил у этих сортов от 39,7 до 41,7 тыс. руб. / га, а рентабельность – 201–213 %.

У сортов сои северного экотипа условно чистый доход варьировал от 27,1 тыс. руб. / га у сорта Касатка до 36,1 тыс. руб. / га у сорта Георгия, с соответствующей рентабельностью – от 140 % до 188 %.

У дальневосточных сортов чистый доход варьировал от 33,5 тыс. руб. / га у сорта Грация до 36,0 тыс. руб. / га у сорта Умка, с соответствующей рентабельностью – от 172 % до 182 %.

Таблица 44 – Показатели экономической эффективности возделывания сортов сои различного эколого-географического происхождения

Сорт	Урожайность, т/га	Стоимость урожая, тыс. руб./га	Производственные затраты, тыс. руб./га	Условно чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Магева	2,08	52,0	19,8	32,2	163
Окская	2,18	54,5	19,6	34,9	178
Светлая	2,21	55,3	19,6	35,7	182
Касатка	1,86	46,5	19,4	27,1	140
Геоργия	2,21	55,3	19,2	36,1	188
Ли́ра	2,45	61,3	19,6	41,7	213
Аванта	2,38	59,5	19,8	39,7	201
Бара	2,42	60,5	19,4	41,1	212
Персона	2,18	54,5	19,6	34,9	178
Умка	2,23	55,8	19,8	36,0	182
Лидия	2,14	53,5	19,3	34,2	177
Грация	2,12	53,0	19,5	33,5	172

В результате экономической и энергетической оценки способа посева и густоты всходов сортов сои различного эколого-географического происхождения было установлено, что 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 (таблица 45). 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 %.

Самыми низкорентабельными оказались варианты с обычным рядовым способом посева и густотами 400 и 800 тыс. растений на гектар. При этой густоте рентабельность у всех сортов была на уровне 180–182 %.

Таблица 45 – Показатели экономической и энергетической эффективности возделывания сои при разных способах посева и густоте стояния растений

Показатель	Вариант					
	Обычный рядовой способ посева, тыс. шт. / м ²			Ширококорядный способ посева, тыс. шт. / м ²		
	400	600	800	400	500	600
Урожайность, т/га	1,94	2,23	1,98	2,08	2,29	2,12
Стоимость урожая, тыс. руб./га	48,5	55,8	49,5	52,0	57,3	53,0
Производственные затраты, тыс. руб./га	17,2	17,4	17,7	17,1	17,4	17,5
Условно чистый доход, тыс. руб./га	31,3	38,4	31,8	34,9	39,9	35,5
Рентабельность, %	182	221	180	204	229	203
Выход энергии с урожаем, ГДж/га	41,9	49,2	47,4	42,8	48,5	44,4
Чистый энергетический доход, ГДж/га	23,5	30,6	28,6	23,6	29,2	25,1
Биоэнергетический коэффициент посева	2,28	2,65	2,52	2,23	2,51	2,29

В исследованиях затраты энергии увеличивались с возрастанием густоты стояния растений. 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 соответственно.

Самые низкие показатели энергетической эффективности у всех групп сортов были при обоих способах посева и густоте стояния 400 тыс. растений на 1 га. Выход энергии с урожаем при этом составил 41,9–42,8 ГДж/га, чистый энергетический доход – 23,5–23,6 ГДж/га, биоэнергетический коэффициент посева – 2,23–2,28.

При обработке посевов сои биологически активными веществами наилучшие показатели экономической эффективности были отмечены в вариантах с применением препаратов Силиплант и Флоравит в обоих вариантах обработки (таблица 46).

Таблица 46 – Показатели экономической эффективности возделывания сои при применении биологически активных веществ

Показатель	Контроль без обработки	Обработка в фазу R1 – начало цветения				Обработка в фазу R3 – образование плодов			
		Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	Флоравит	Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	Флоравит
Урожайность, т/га	1,85	1,88	2,05	2,27	2,15	1,96	1,99	2,08	2,12
Стоимость урожая, тыс. руб./га	46,3	47,0	51,3	56,8	53,8	49,0	49,8	52,0	53,0
Производственные затраты, тыс. руб./га	17,2	18,4	19,2	18,3	18,6	18,4	19,2	18,3	18,6
Условно чистый доход, тыс. руб./га	29,1	28,6	32,1	38,5	35,2	30,6	30,6	33,7	34,4
Рентабельность, %	169	155	167	210	189	166	159	184	185

Условно чистый доход составил соответственно 38,5–35,2 при обработке в фазу R1 – начало цветения и 33,7–34,4 при обработке в фазу R3 –

образование плодов, что выше контрольного варианта на 16–32 %. Уровень рентабельности был выше при обработке в фазу R1 – начало цветения и составил 189–210 %, что превышало рентабельность в контрольном варианте на 12–24 %. Варианты с обработкой посевов сои препаратами Эпин-Экстра и Циркон имели незначительные различия с контрольным вариантом без обработки. Уровень рентабельности в вариантах с обработкой составил 155–167 %, в то время как в контрольном варианте – 169 %.

Заключение по главе 8

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.

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°С до 1950–2400°С, 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°С, ГТК – 1,4–1,7, сумма осадков – 285–295. В центральной агроклиматической подзоне (Смоленская, Московская, Калужская, Владимирская, Ивановская области) – сумма температур составляет 2200–2400°С, ГТК – 1,1–1,4, сумма осадков – 265–285. В южной агроклиматической подзоне (Брянская, Орловская, Рязанская, Тульская области) – сумма температур составляет 2400–2600°С, 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 плодоземелентов. 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 ширококормном 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 ширококормном 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; 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, Лира, 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 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 2,0–2,4 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 соесяния 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаев, А.А. Влияние сроков посева на продуктивность различных сортов сои / А.А. Абаев, А.А. Тедеева, Д.М. Мамиев, В.В. Тедеева // Научная жизнь. – 2016. – № 5. – С. 33–42.
2. Абрамова, А.В. Моделирование симбиотической азотфиксации: от системно-динамической к агентной модели / А.В. Абрамова, К.Г. Неупокоева // Прикладная математика и фундаментальная информатика. – 2016. – № 3. – С. 108–114.
3. Аверьянов, А.Н. Системное познание мира: методологические проблемы / А.Н. Аверьянов. – М., 1985. – 263 с.
4. Акатов, П.В. Глобальное потепление и его региональные последствия для Европейской части России / П.В. Акатов // Живые и биокосные системы. – 2016. – № 15. – С. 14–22.
5. Акулов, А.С. Адаптивная технология возделывания сои / А.С. Акулов, А.Г. Васильчиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4 (12). – С. 108–113.
6. Алиев, Д.А. Фотосинтез и урожай сои / Д.А. Алиев, З.И. Акперов. – Баку: ИК «Родник», 1995. – 128 с.
7. Алиева, А.А. Оптимизация технологических приемов возделывания сои / А.А. Алиева // Аграрная наука. – 2016. – № 2. – С. 14–16.
8. Амелин, А.В. Интенсивность фотосинтеза и транспирации листьев у растений *Glycine max* (L.) Merr. / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, Н.Б. Сальникова // Вестник аграрной науки. – 2017. – № 6 (69). – С. 3–8.
9. Амелин, А.В. Интенсивность фотосинтеза листьев у сортов сои в зависимости от фазы роста и ярусного расположения / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, В.И. Мазалов, Н.Б. Сальникова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 4 (24). – С. 53–58.
10. Амелин, А.В. Накопление сухой массы надземными органами растений у разных по географическому происхождению коллекционных

образцов сои / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, Н.Б. Сальникова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 112–116.

11. Ануфриева, О.А. Анализ производства сои в Российской Федерации / О.А. Ануфриева, К.А. Жичкин // Новости науки в АПК. – 2019. – № 3 (12). – С. 524–527.

12. Асеева, Т.А. Оценка агроклиматических ресурсов Среднего Приамурья и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур / Т.А. Асеева // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 3. – С. 109–113.

13. Ахмедов, А.Д. Изменение климата и сельскохозяйственное производство / А.Д. Ахмедов, Д.А. Якунин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 5. – С. 18–19.

14. Баденко, В.Л. Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований / В.Л. Баденко, А.Г. Топаж, В.В. Якушев, В. Миршель, К. Нендель // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 3. – С. 437–445.

15. Балакай, Г.Т. Пути усовершенствования элементов технологии возделывания сои / Г.Т. Балакай, Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова, С.А. Селицкий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2019. – № 4 (36). – С. 100–120.

16. Балакай, Г.Т. Районирование территории Ростовской области по агроклиматическим подзонам для перспективных сортов сои различных групп спелости / Г.Т. Балакай, С.А. Селицкий, Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 3 (39). – С. 52–67.

17. Баранов, В.Ф. Влияние зональных эколого-географических условий репродукции семян скороспелых сортов сои на их посевные качества и продуктивность растений в Вологодской области / В.Ф. Баранов, Л.А. Баранова Л.А. // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень

Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2014. – № 1 (157–158). – С. 62–69.

18. Баранов, В.Ф. О возможности интродуцирования сои в Северо-Западную зону России / В.Ф. Баранов, Л.А. Баранова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2011. – № 1 (146–147). – С. 106–109.

19. Баранов, В.Ф. Соя в кормопроизводстве / В.Ф. Баранов, А.В. Кочегура, С.И. Кононенко, А.Н. Ригер. – Краснодар: ВНИИМК имени В.С. Пустовойта, 2010. – 368 с.

20. Баранов, В.Ф. Соя на Кубани / В.Ф. Баранов, А.В. Кочегура, В.М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК имени В.С. Пустовойта, 2009. – 321 с.

21. Баранов, В.Ф. Соя. Биология и технология возделывания / В.Ф. Баранов, В.М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК, 2005. – С. 17–25.

22. Баранов, В.Ф. Экологическая роль сорта в агроценозах сои / В.Ф. Баранов, В.Л. Махонин // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2013. – № 2 (155–156). – С. 154.

23. Баранов, В.Ф., Корреа У.А.Т., Лукомец В.М. Сортовая специфика возделывания сои: монография / В.Ф. Баранов, У.А.Т. Корреа, В.М. Лукомец. – Краснодар: ВНИИМК имени В.С. Пустовойта, 2007. – 184 с.

24. Батукаев, А.А. Влияние сортовых особенностей, факторов внешней среды и архитектоники посевов на качество семян сои / А.А. Батукаев, У.А. Делаев, У.Г. Зузиев // Проблемы развития АПК региона. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 21–25.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. Бельшкіна, М.Е. Проблема производства растительного белка и роль зерновых бобовых культур в ее решении / М.Е. Бельшкіна // Природообустройство. – 2018. – № 2. – С. 65–73.

31. 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.

32. 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.

33. 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. – Вып. 1. – С. 35–39.

34. Бельшкіна, М.Е. Формирование урожая и фотосинтетическая деятельность раннеспелых сортов сои при разных приемах возделывания в условиях Центрального Нечерноземья / М.Е. Бельшкіна. – Дис. ... канд. с.-х. наук. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. 147 с.

35. 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.

36. Бельшкіна, М.Е. Эффективность применения биологически активных препаратов на посевах сои в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации / М.Е. Бельшкіна // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2021. – № 1 (53). – С. 19–24.

37. Белявская, Л.Г. Оценка экологической стабильности и пластичности сортов сои / Л.Г. Белявская, Ю.В. Белявский, А.А. Диянова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28). – С. 42–48.

38. Беляев, Н.Н. Эффективность микробиологических удобрений при обработке семян и растений сои на Северо-Востоке ЦЧР / Н.Н. Беляев, Е.А. Дубинкина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 67–72.

39. Бондаренко, А.Н. Ресурсосберегающие приемы возделывания зернобобовых культур при использовании ростостимулирующих препаратов / А.Н. Бондаренко // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 2 (31). – С. 5–8.

40. Булгаков, Д.С. Использование почвенно-агроклиматического индекса при оценке агрономического потенциала пахотных земель в лесостепной зоне России / Д.С. Булгаков, Д.И. Рухович, Е.А. Шишконокова, Е.В. Вильчевская // Почвоведение. – 2018. – № 4. – С. 473–485.

41. Буссенго, Ж.Б. Избранные произведения по физиологии растений / Ж.Б. Буссенго. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. – 439 с.

42. Бутовец, Е.С. Изучение сортов сои дальневосточной селекции в условиях Приморского края / Е.С. Бутовец, Т.Н. Страшненко // Аграрный вестник Приморья. – 2020. – № 3 (19). – С. 10–13.

43. Бутовец, Е.С. Оценка сортов сои в экологическом испытании / Е.С. Бутовец // Земледелие. – 2011. – № 6. – С. 38–39.

44. Буханова, Л.А. Применение регуляторов роста и микроудобрений на посевах сои / Л.А. Буханова, Н.В. Заренкова // Кормопроизводство. – 2014. – № 6. – С. 21–24.

45. Быков, Г.Е. Оценка производства и использования сои в России и США / Г.Е. Быков // Агропромышленное производство: опыт, проблемы и тенденции развития. Серия: Экономика, организация, управление АПК. – Вып. 2. – 2011. – С. 43–61.

46. Быков, О.Д. Фотосинтез и продуктивность сельскохозяйственных растений / О.Д. Быков // ВИР. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Л., 1980. – Т. 67. – Вып. 2. – С. 3–11.

47. Вавилов, Н.И. Географическая изменчивость растений / Н.И. Вавилов // Избранные Труды. – М.–Л.: Наука, 1965. – Т. 5. – С. 120–126.

48. Вавилов, Н.И. Избранные сочинения / Н.И. Вавилов // М.: Колос. – 1966. – 559 с.

49. Вавилов, Н.И. Проблема новых культур (1932 г.) / Н.И. Вавилов // Академик Н.И. Вавилов. – Избранные труды. – М.–Л.: Наука, 1965. – Т. 5. – С. 539.

50. Вавилов, Н.И. Пять континентов / Н.И. Вавилов // М.: Мысль. – 1987. – 349 с.

51. Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2017 году. – Часть 1. – 2018 г. – URL: <https://www.gks.ru/storage/mediabank/Val2-19.rar> (дата обращения: 10.05.2020 г.).

52. Васильченко, С.А. Влияние сроков посева на качество семян, экономическую и энергетическую эффективность возделывания сои / С.А.

Васильченко, Г.В. Метлина, Н.С. Кравченко // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – № 2 (62). – С. 3–7.

53. Васильченко, С.А. Симбиотическая активность и фотосинтетическая деятельность посева сои при применении микроудобрений / С.А. Васильченко // *Аграрный вестник Урала*. – 2010. – № 9 (75). – С. 54–57.

54. Васильчиков, А.Г. Адаптация сортов сои с различным вегетационным периодом к почвенно-климатическим условиям Орловской области / А.Г. Васильчиков, Г.П. Гурьев // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 4 (28). – С. 49–54.

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

56. Васильчиков, А.Г. Продукционная и азотфиксирующая способность различных сортов сои в Орловской области / А.Г. Васильчиков, А.С. Акулов, А.В. Глазков // *Земледелие*. – 2015. – № 4. – С. 7–10.

57. Васильчиков, А.Г. Управление вегетацией перспективных сортообразцов сои путем применения высокоэффективных инокулянтов / А.Г. Васильчиков, А.С. Акулов // *Земледелие*. – 2018. – № 4. – С. 19–21.

58. Васин, В.Г. Применение микроудобрительных смесей и биопрепаратов при возделывании сои / В.Г. Васин, Р.Н. Саниев, А.В. Васин, А.Н. Бурунов, Н.А. Просандеев, Д.И. Трифонов // *Агрехимический вестник*. – 2019. – № 2. – С. 47–52.

59. Васина, А.А. Влияние приемов предпосевной обработки семян на продуктивность сои / А.А. Васина, Е.В. Рязанова, А.В. Васин // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2011. – № 4. – С. 6–10.

60. Вишнякова, М.А. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий / М.А. Вишнякова, И.В.

Сеферова, М.Г. Самсонова // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – № 5. – С. 905–916.

61. Власова, Е.В. Оценка скороспелых образцов сои из коллекции ВИР по способности вызревать в средней полосе России / Е.В. Власова, Ю.В. Горбунова // Кормопроизводство. – 2016. – № 6. – С. 36–40.

62. Воронкова, Е.А. Отечественное соеводство в период импортозамещения / Е.А. Воронкова, И.М. Кублин, Г.В. Астратова, Д.Р. Гильманова // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2019. – № 1–1. – С. 194–197.

63. Гаврилин, Д.С. Влияние сроков посева на урожайность и посевные качества семян сортов сои отечественной и зарубежной селекции в условиях Тамбовской области / Д.С. Гаврилин, С.И. Полевщиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 3 (15). – С. 9–15.

64. Гаврилин, Д.С. Оценка отечественных и зарубежных сортов сои по содержанию белка в зерне, полученном в условиях Тамбовской области / Д.С. Гаврилин, С.И. Полевщиков // Кормопроизводство. – 2014. – № 8. – С. 26–28.

65. Гаврилин, Д.С. Сравнительная оценка сбора белка и масла у сортов сои отечественной селекции при разных сроках посева в условиях Тамбовской области / Д.С. Гаврилин, С.И. Полевщиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 1 (9). – С. 30–36.

66. Гаджиумаров, Р.Г. Влияние технологии возделывания на рост, развитие, урожайность и качество сои / Р.Г. Гаджиумаров // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. – 2016. – № 8. – С. 60–66.

67. Гаджиумаров, Р.Г. Фотосинтетическая деятельность посевов сои в зависимости от технологии возделывания / Р.Г. Гаджиумаров // Новости науки в АПК. – 2019. – № 3 (12). – С. 419–423.

68. Гайдученко, А.Н. Влияние приемов возделывания на фотосинтетическую, симбиотическую деятельность и продуктивность сои /

А.Н. Гайдученко, С.Л. Оборский, М.В. Толмачев // Земледелие. – 2011. – № 1. – С. 36–38.

69. Гайдученко, А.Н. Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от применяемых технологий / А.Н. Гайдученко, А.В. Сюмак, Б.А. Коротенко // Земледелие. – 2017. – № 2. – С. 23–25.

70. Гамзиков, Г.П. Системный комплексный подход в агрохимических исследованиях биогенных элементов в агроценозах (на примере азота) / Г.П. Гамзиков // Агрохимия. – 2014. – № 8. – С. 3–16.

71. Гарбар, Л.А. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность сои / Л.А. Гарбар, А.Н. Радзевелюк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 7 (153). – С. 49–52.

72. Гатаулин, А.М. Основные концепции и определения системного анализа / А.М. Гатаулин. – Ярославль: Изд-во ФГОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2010. – 248 с.

73. Гатаулин, А.М. Системы и системный анализ в экономике / А.М. Гатаулин. – Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. – 166 с.

74. 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. – № 4. – С. 96–112.

75. Гатаулина, Г.Г. Динамика нарастания биомассы и семенная продуктивность люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.), сои (*Glycine max* (L.) Merr.) и кормовых бобов (*Vicia faba* L.) в Центральном Нечерноземье / Г.Г. Гатаулина, С.С. Соколова // Кормопроизводство. – 2013. – № 11. – С. 13–16.

76. Гатаулина, Г.Г. Зернобобовые культуры: системный подход к анализу роста, развития и формирования урожая / Г.Г. Гатаулина, С.С. Никитина // Монография. – Сер. Научная мысль. – М.: Инфра-М, 2016. – 242 с.

77. Гатаулина, Г.Г. Периоды развития плодов и семян зернобобовых культур / Г.Г. Гатаулина, В.А. Приходько // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1982. – № 4. – С. 32–42.

78. Гатаулина, Г.Г. Применение системного подхода при анализе изменчивости показателей формирования урожая по периодам развития люпина белого / Г.Г. Гатаулина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1986. – № 3. – С. 29–46.

79. Гатаулина, Г.Г. Проблемы и перспективы производства растительного белка / Г.Г. Гатаулина. – Уч. пособие. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 65 с.

80. 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.

81. 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. – № 2. – С. 69–95.

82. Гатаулина, Г.Г. Сорта сои северного экотипа: как погода влияет на рост, развитие, формирование урожая и его вариабельность / Г.Г. Гатаулина, Н.В. Заренкова, С.С. Никитина // Кормопроизводство. – 2019. – № 7. – С. 34–40.

83. 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.

84. Гатаулина, Г.Г. Формирование урожая и динамические характеристики продукционного процесса у зерновых бобовых культур / Г.Г. Гатаулина, С.С. Соколова // Монография. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2012. – 271 с.

85. Гатаулина, Г.Г. Чистая продуктивность фотосинтеза зерновых культур / Г.Г. Гатаулина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1995. – № 2. – 61 с.

86. Гвалдова, В.В. Динамика распространения сои в мире / В.В. Гвалдова, Е.В. Кирсанова // Агробизнес и экология. – 2015. – Т. 2. – № 2. – С. 45–48.

87. Гвалдова, В.В. История происхождения сои / В.В. Гвалдова, Г.И. Дурнев // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. – 2015. – № 1 (4). – С. 37–38.

88. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур (люпин, вика, соя, фасоль) / Б.С. Курлович, С.И. Репьев, Л.Г. Щелко (и др.). – СПб.: ВНИИР, 1995. – 438 с.

89. Головина, Е.В. Влияние инокуляции на продукционный процесс сортов сои при различной влагообеспеченности / Е.В. Головина, В.И. Зотиков // Земледелие. – 2010. – № 8. – С. 41–43.

90. Головина, Е.В. Влияние лариксина на продукционный процесс и качество семян сои / Е.В. Головина, В.В. Сулимов, Н.Е. Павловская, Г.И. Семина // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2008. – № 4 (13). – С. 24–26.

91. Головина, Е.В. Влияние погодных условий на водный режим, пигментный комплекс и продуктивность сои / Е.В. Головина, В.Н. Зайцев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 2 (18). – С. 111–116.

92. Головина, Е.В. Влияние погодных условий на продукционный процесс у сортов сои северного экотипа / Е.В. Головина, В.И. Зотиков // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – Т. 48. – № 6. – С. 112–118.

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

94. Головина, Е.В. Влияние технологических приемов на продукционный процесс сортов сои северного экотипа / Е.В. Головина, В.В. Гришечкин // Земледелие. – 2014. – № 4. – С. 31–34.

95. Головина, Е.В. Водный режим сортов сои северного экотипа и продуктивность / Е.В. Головина, В.И. Зотиков, В.В. Гришечкин // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2015. – № 2 (14). – С. 37–42.

96. Головина, Е.В. Возделывание новых сортов сои северного экотипа в условиях северо-западной части Центрального Черноземья / Е.В. Головина // *Кормопроизводство*. – 2009. – № 11. – С. 26–30.

97. Головина, Е.В. Исследование засухоустойчивости и водного обмена сортов сои северного экотипа / Е.В. Головина // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 1 (33). – С. 45–49.

98. Головина, Е.В. Морфофизиологические признаки и адаптивность новых сортов сои в условиях Центрально-Черноземного региона РФ / Е.В. Головина, А.М. Задорин // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2018. – № 2 (26). – С. 27–35.

99. Головина, Е.В. Накопление сырого протеина и сырого жира растениями сортов сои северного экотипа / Е.В. Головина, В.И. Зотиков, В.Н. Зайцев, Е.В. Кирсанова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2016. – № 3 (19). – С. 62–70.

100. Головина, Е.В. Научно-теоретическое обоснование возделывания сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Е.В. Головина. – Пенза, 2016. – 41 с.

101. Головина, Е.В. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ / Е.В. Головина, В.И. Зотиков. – Монография: Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур. – Орел: «Картуш», 2019. – 320 с.

102. Головина, Е.В. Продукционный процесс сортов сои / Е.В. Головина // *Вестник Орловского государственного аграрного университета*. – 2007. – № 3 (6). – С. 37–39.

103. Головина, Е.В. Сравнительное исследование засухоустойчивости новых сортов сои различными методами / Е.В. Головина // Земледелие. 2018. – № 4. – С. 33–35.

104. Головина, Е.В. Физиологические механизмы формирования продуктивности и адаптивности у сортов сои в контрастных метеорологических условиях / Е.В. Головина, А.А. Зеленев, Р.В. Беляева // Земледелие. – 2019. – № 4. – С. 29–32.

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

106. Головина, Е.В. Эффективность экологически безопасных агроприемов при возделывании сои / Е.В. Головина, В.И. Зотиков, С.Н. Агаркова, В.В. Гришечкин // Земледелие. – 2015. – № 4. – С. 21–23.

107. Гончаров, В.Д. Решение проблемы кормового белка в животноводстве / В.Д. Гончаров, В.В. Рау // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – № 1 (46). – С. 64–69.

108. Гончарова, Э.А. Стратегия диагностики и прогноза устойчивости сельскохозяйственных растений к погодно-климатическим аномалиям / Э.А. Гончарова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – Т. 46. – № 1. – С. 24–31.

109. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 504 с.

110. Григорьева, Е.А. Изменение климата и динамика биоразнообразия: прогнозы для территории Европейской и Дальневосточной России / Е.А. Григорьева, А.А. Нотов // Вестник Тверского государственного университета. – Серия: Биология и экология. – 2018. – № 3. – С. 165–177.

111. Гуреева, Е.В. Норма высева семян и продукционный процесс сортов сои в Нечерноземной зоне / Е.В. Гуреева, В.К. Храмой // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2009. – № 1. – С. 60–62.

112. Гуреева, Е.В. Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области / Е.В. Гуреева // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 34–35.

113. Гуреева, Е.В. Влияние метеорологических условий на хозяйственно ценные признаки сои / Е.В. Гуреева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 1. – С. 28–31.

114. Гуреева, Е.В. Влияние норм высева на продукционный процесс сортов сои / Е.В. Гуреева, В.К. Храмой // Аграрная наука. – 2008. – № 10. – С. 17–18.

115. Гуреева, Е.В. Изучение и подбор исходного материала сои для создания новых сортов / Е.В. Гуреева // Аграрная наука. – 2018. – № 4. – С. 38–40.

116. Гуреева, Е.В. Инновационная технология возделывания сои в хозяйствах Центрального региона Нечерноземной зоны / Е.В. Гуреева, М.П. Гуреева, Т.А. Фомина, В.З. Веневцев. – Рязань: Рязанский НИПТИ АПК, 2008. – 38 с.

117. Гуреева, Е.В. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции сои в Рязанской области / Е.В. Гуреева, Т.А. Фомина // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 6. – С. 29–30.

118. Гуреева, Е.В. Особенности роста и развития сортов сои Касатка и Магева в Калужской и Рязанской областях / Е.В. Гуреева, В.К. Храмой, Т.Д. Сихарулидзе, Е.В. Ивасюк // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 3. – С. 41–43.

119. Гуреева, Е.В. Применение биопрепаратов для повышения урожайности сои / Е.В. Гуреева // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. – 2016. – № 9. – С. 166–169.

120. Гуреева, Е.В. Скрининг коллекционных образцов сои по скороспелости и продуктивности в условиях Рязанской области / Е.В. Гуреева // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 3 (47). – С. 13–16.

121. Гуреева, Е.В. Соя для Центрального Нечерноземья / Е.В. Гуреева, Т.А. Фомина // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 45–46.
122. Гуреева, Е.В. Формирование урожая семян новых скороспелых сортов сои в зависимости от норм высева и способов посева в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РФ / Е.В. Гуреева. – Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М.: РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009. – 20 с.
123. Давыденко, О.Г. Внимание – соя / О.Г. Давыденко. – Минск: Урожай, 1995. – 224 с.
124. Давыденко, О.Г. Соя для умеренного климата / О.Г. Давыденко, Д.В. Голоенко, В.Е. Розенцвейг. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 176 с.
125. Дагаргулия, Р.Г. Значение сои и способы повышения эффективности ее возделывания / Р.Г. Дагаргулия // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2018. – № 9. – С. 40–45.
126. Дагаргулия, Р.Г. Понятие, сущность и факторы конкурентоспособности производства сои / Р.Г. Дагаргулия // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 2. – С. 49–53.
127. Дагаргулия, Р.Г. Понятия, критерии и методические аспекты оценки эффективности производства сои / Р.Г. Дагаргулия // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 5. – С. 44–48.
128. Дебелый, Г.А. Зернобобовые культуры в мире и Российской Федерации / Г.А. Дебелый // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 2 (2). – С. 31–35.
129. Дебелый, Г.А. Зернобобовые культуры в Нечерноземной зоне РФ / Г.А. Дебелый. – М.: Немчиновка, НИИСХ ЦРНЗ, 2009. – 260 с.
130. Делаев, У.А. Влияние норм высева и способов посева на формирование урожая сортов сои / У.А. Делаев, У.Г. Зузиев // Известия

Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 24. – С. 16–20.

131. Делаев, У.А. Влияние условий выращивания на признак скороспелости различных сортов сои / У.А. Делаев, А.А. Батукаев, И.В. Кобозев, Т.П. Кобозва, М.М. Токбаев, У.Г. Зузиев, И.Я. Шишхаев // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2013. – № 2 (15). – С. 36–41.

132. Делаев, У.А. Возделывание скороспелых сортов сои / У.А. Делаев, Т.П. Кобозева, В.Т. Синеговская. – М.: ВГБОУ ВПО МГАУ, 2012. – 216 с.

133. Делаев, У.А. Качество семян сои северного экотипа в зависимости от условий выращивания / У.А. Делаев, И.В. Кобозев, Т.П. Кобозева, И.Я. Шишхаев, У.Г. Зузиев // Проблемы развития АПК региона. – 2013. – Т. 13. – № 1 (13). – С. 9–15.

134. Делаев, У.А. Особенности фиксации азота воздуха свободноживущими микроорганизмами и клубеньковыми бактериями в симбиозе с бобовыми культурами / У.А. Делаев, Т.П. Кобозева, У.Г. Зузиев, И.Я. Шишхаев // Известия Чеченского государственного университета. – 2018. – № 4 (12). – С. 68–71.

135. Делаев, У.А. Сравнительный анализ симбиотической деятельности посевов сои и других зерновых бобовых культур / У.А. Делаев, Т.П. Кобозева, У.Г. Зузиев, И.Я. Шишхаев // Известия Чеченского государственного университета. – 2018. – № 4 (12). – С. 45–48.

136. Денисов, Е.П. Приемы повышения симбиотической азотфиксации зернобобовых культур / Е.П. Денисов, А.Н. Кшникаткина, А.В. Летучий, М.Н. Панасов // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 7. – С. 14–20.

137. Дозоров, А.В. Влияние активизации симбиотической деятельности на формирование урожайности зернобобовых культур / А.В.

Дозоров, М.Н. Гаранин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 4–9.

138. Дозоров, А.В. Влияние сроков посева на симбиотическую активность и урожайность сортов сои / А.В. Дозоров, Ю.В. Ермошкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3 (15). – С. 12–17.

139. Дозоров, А.В. Изучение сортов сои в Ульяновской области / А.В. Дозоров // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2005. – № 2. – С. 62–63.

140. Дозоров, А.В. Фотосинтетическая деятельность сортов сои в зависимости от способов посева / А.В. Дозоров, Ю.В. Ермошкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 1 (17). – С. 8.

141. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – М.: Росгидромет, 2021. – 104 с.

142. Долгинова, В.А. Соя как важнейший биоресурс для обеспечения продовольственной безопасности России / В.А. Долгинова, Н.Н. Рыбальский // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2016. – № 2 (146). – С. 37–45.

143. 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.

144. Дорохов, А.С. Обзор мирового рынка сои / А.С. Дорохов, О.В. Евдокимова, К.К. Большева // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 4 (29). – С. 237–246.

145. 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.

146. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1989. – 335 с.

147. Дроздов, С.Н. Перспективы применения системного подхода в экофизиологических исследованиях / С.Н. Дроздов, В.К. Курец // Физиология растений. – 2004. – Т. 51. – № 4. – С. 617–620.

148. Дроздов, С.Н. Системный подход и моделирование в эколого-физиологических исследованиях / С.Н. Дроздов, Е.С. Холопцева, Э.Г. Попов, В.К. Курец // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2010. – № 2. – С. 17–21.

149. Дьяков, А.Б. Взаимосвязь между параметрами стабильности и адаптивности сортов / А.Б. Дьяков, М.В. Трунова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2010. – № 1 (142–143). – С. 80–86.

150. Дьяков, А.Б. Комплексные биометрические оценки агроэкологической адаптивности сортов сои / А.Б. Дьяков, В.Ф. Баранов // Научно-технический бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института масличных культур. – 2001. – № 2 (125). – С. 69–72.

151. Дьяков, А.Б. Оценка потенциалов урожайности и засухоустойчивости сортов сои / А.Б. Дьяков, М.В. Трунова, Т.А. Васильева // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2009. – № 2 (141). – С. 78–86.

152. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) (Электронный ресурс). – Режим доступа: <http://www.fedstat.ru/>

153. Елисеева, Н.В. Сравнительная симбиотическая активность сортов сои северного экотипа / Н.В. Елисеева // Юбилейный сборник научных трудов Рязанского НИПТИ АПК. – Рязань, 2000. – С. 87–89.

154. Енкен, В.Б. Соя / В.Б. Енкен. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1959. – 620 с.

155. Ермолина, О.В. Влияние гидротермических условий по фазам онтогенеза на урожайность семян сои / О.В. Ермолина, О.В. Короткова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 3 (19). – С. 70–76.

156. Ефанов, П.А. Влияние некорневых обработок на урожайность и качество зерна сои / П.А. Ефанов, О.Н. Шабетя, Н.В. Коцарева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 1 (21). – С. 121–127.

157. Жаркова, С.В. Влияние обработки вегетирующих растений регулятором роста и гуминовым удобрением на биологический потенциал сортов сои / С.В. Жаркова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 8 (47). – С. 88–91.

158. Жаркова, С.В. Густота стояния и сохранность растений сои к уборке, в зависимости от применения регулятора роста и гуминового удобрения / С.В. Жаркова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 7–1 (46). – С. 102–104.

159. Жаркова, С.В. Применение препарата ризоторфин на посевах сои / С.В. Жаркова, О.В. Манылова, Е.С. Быков // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 7–2. – С. 63–65.

160. Жемухов, Р.Ш. Антропогенное изменение климата и его последствия для сельского хозяйства на региональном уровне / Р.Ш. Жемухов, Ф.Э. Машукова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 7. – С. 118–122.

161. Жукова, Н.И. Особенности биохимического состава сортов сои Приморской селекции / Н.И. Жукова, З.И. Смелая, О.И. Хасбиуллина // Современные научные исследования и разработки. – 2017. – Т. 2. – № 1 (9). – С. 82–84.

162. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – Теория и практика: В 3-х томах. – М.: Изд-во «Агрорус», 2009. – 2014 с.

163. Жученко, А.А. Возможности создания сортов и гибридов растений с учетом изменения климата / А.А. Жученко // Сб. статей

Международной научно-практической конференции «Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата». – Саратов, 2004. – С. 10–16.

164. Загоруйко, М.Г. Мониторинг показателей фотосинтетической деятельности и его использование для прогнозирования потенциальной урожайности сои / М.Г. Загоруйко, М.Е. Бельшклина, Р.К. Курбанов, Н.И. Захарова // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 12. – С. 9–12.

165. Зазуля, А.Н. Посев сои по различным технологиям / А.Н. Зазуля, А.А. Синельников, С.П. Стрыгин, А.В. Балашов // Сельский механизатор. – 2020. – № 5–6. – С. 20–21.

166. Зайцев, В.Н. Перспективы селекции сои на севере Центрально-Черноземного региона / В.Н. Зайцев, А.И. Зайцева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 2. – С. 51–53.

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

168. Зайцев, Н.И. Перспективы и направления селекции сои в России в условиях реализации национальной стратегии импортозамещения / Н.И. Зайцев, Н.И. Бочкарев, С.В. Зеленцов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – № 2 (166). – С. 3–11.

169. Залиханов, М.Ч. Изменение климата и устойчивое развитие Российской Федерации / М.Ч. Залиханов // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 4. – С. 130–136.

170. Засорина, Э.В. Адаптация сортов сои канадской селекции к условиям Центрального Черноземья / Э.В. Засорина, В.Ю. Сапрыкин, А.Н. Титов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 6. – С. 59–65.

171. Зеленский, М.И. Фотосинтетические характеристики важнейших сельскохозяйственных культур и перспективы их селекционного использования / М.И. Зеленский // Физиологические основы селекции растений (Теоретические основы селекции). – СПб.: Изд-во ВИР, 1995. – Т. 2. – С. 466–554.

172. Зеленцов, С.В. Определение реакции сои на длину дня по степени завершенности вегетативного роста растений / С.В. Зеленцов, А.А. Савельев, А.С. Лучинский, Т.В. Пасменко, В.Б. Лунева // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2009. – № 1 (140). – С. 91–96.

173. Зеленцов, С.В. Перспективы использования сверххранних посевов сои в условиях Краснодарского края / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко // Масличные культуры. – 2010. – Вып. 1 (142–143). – С. 87–94.

174. Зеленцов, С.В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко // Научный диалог. Естествознание и экология. – 2012. – № 7. – С. 40–59

175. Зима, Д.Е. Взаимосвязь между урожайностью и содержанием белка в семенах сои / Д.Е. Зима, А.В. Кочегура // Рисоводство. – 2020. – № 1 (46). – С. 85–89.

176. Золотарев, С.В. Оценка качества семян разных сортов сои северного экотипа с целью их рационального использования / С.В. Золотарев, И.В. Кобозев, Т.П. Кобозева, У.А. Делаев, У.Г. Зузиев, И.И. Неустроев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (87). – С. 8–14.

177. Золотокрылин, А.Н. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления / А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, Е.А. Черенкова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2007. – Т. 21. – С. 160–182.

178. Зотиков, В.И. Взаимосвязь интенсивности азотфиксации и фотосинтеза у новых сортов сои северного экотипа / В.И. Зотиков, Е.В. Головина // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2011. – № 3 (30). – С. 5–8.

179. Зотиков, В.И. Зернобобовые как фактор устойчивого растениеводства / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, А.Н. Зеленов, В.С. Сидоренко // Селекция, семеноводство и генетика. – 2016. – № 1. – С. 26.

180. Зотиков, В.И. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, В.С. Сидоренко, В.В. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1(17). – С. 1–10.

181. Зотиков, В.И. Зернобобовые культуры в экономике России / В.И. Зотиков, Н.В. Грядунова, Т.С. Наумкина, В.С. Сидоренко // Земледелие. – 2014. – № 4. – С. 6–8.

182. Зотиков, В.И. Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур в РФ: состояние и перспективы / В.И. Зотиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 11–18.

183. Зотиков, В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур / В.И. Зотиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 3 (35). – С. 12–19.

184. Зотиков, В.И. Производство зернобобовых и крупяных культур в России: состояние, проблемы, перспективы / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, В.С. Сидоренко // Земледелие. – 2015. – № 4. – С. 3–5.

185. Зотиков, В.И. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации / В.И. Зотиков, В.С. Сидоренко, Н.В. Грядунова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 4–10.

186. Зотиков, В.И. Роль зернобобовых и крупяных культур в адаптивности и диверсификации растениеводства / В.И. Зотиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 3 (11). – С. 3–11.

187. Зотиков, В.И. Элементы технологии для сортов сои нового поколения / В.И. Зотиков, А.С. Акулов // Земледелие. – 2010. – № 3. С. 27–29.
188. Зубарева, К.Ю. Соя в России / К.Ю. Зубарева // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2020. – № 4 (28). – С. 23–25.
189. Иванов, А.Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство России / А.Л. Иванов // Земледелие. – 2009. – № 1. – С. 3–5.
190. Иванов, Л.А. Фотосинтез и урожай / Л.А. Иванов. – Сборник работ по физиологии растений, посвященный памяти К.А. Тимирязева. – М.-Л., 1941. – 2942 с.
191. Иванова, И.Ю. Влияние погодных условий на урожайность сои в условиях Волго-Вятского региона / И.Ю. Иванова, А.А. Фадеев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 93–98.
192. Ивебор, Л.У. Влияние стимуляторов роста растений на продукционный процесс агроценоза сои в засушливых условиях / Л.У. Ивебор, Ю.П. Федулов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2007. – № 1 (136). – С. 61–65.
193. Израэль, Ю.А. Предел предсказуемости и стратегический прогноз изменений климата / Ю.А. Израэль, Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2009. – Т. 22. – С. 7–26.
194. Исайчев, В.А. Влияние стимуляторов роста на динамику площади листьев / В.А. Исайчев, Е.Л. Хованская // Вестник РАСХН. – 2008. – № 2. – С. 47–48.
195. Казарина, А.В. Эффективность применения регулятора роста растений циркон на сое / А.В. Казарина, М.И. Гуцалюк, Л.К. Марунова // Успехи современной науки и образования. – 2016. – Т. 9. – № 12. – С. 152–154.

196. Каракотов, С. Система управления вегетацией растений – основа высококорентабельного производства сельскохозяйственной продукции / С. Каракотов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2014. – № 5. – С. 4–10.

197. Катюк, А.И. Оценка адаптивности сортов сои разных агроэкотипов / А.И. Катюк, В.В. Зубков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 5–3. – С. 1140–1142.

198. Каюкова, О.В. Реакция сортов сои на способы посева / О.В. Каюкова, Л.В. Елисеева, И.П. Елисеев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1 (8). – С. 31–35.

199. Каюмов, М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М.К. Каюмов. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 320.

200. Кобозев, И.В. Оптимизация производственного процесса в агроэкосистемах / И.В. Кобозев. – Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М.: МСХА. – 1997. – 48 с.

201. Кобозева, Т.П. Агрохимические аспекты выращивания сои в почвенно-климатических условиях Московской области / Т.П. Кобозева, Н.П. Попова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 26. – С. 135–140.

202. Кобозева, Т.П. Возделывание сортов сои северного экотипа в Нечерноземной зоне Российской Федерации / Т.П. Кобозева, В.Т. Синеговская, У.А. Делаев, В.А. Шевченко, Л.А. Буханова, Н.В. Заренкова, Н.П. Попова, В.А. Евлеева. – Методические указания. – М.: Изд-во ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, 2015. – 48 с.

203. Кобозева, Т.П. Научно-практические основы возделывания сортов сои северного экотипа в Нечерноземной зоне России / Т.П. Кобозева, В.А. Шевченко, У.А. Делаев, В.Т. Синеговская, Н.П. Попова. – Учебное пособие. – М.: Изд-во ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, 2016. – 244 с.

204. Кобозева, Т.П. Научно-практические основы интродукции и эффективного возделывания сои в Нечерноземной зоне Российской Федерации / Т.П. Кобозева. – Дис. ... д-ра с.-х. наук. – Орел: ФГОУ ВПО ОГАУ, 2007. – 381 с.

205. Кобозева, Т.П. Некоторые особенности биохимического состава семян сои северного экотипа / Т.П. Кобозева, Т.И. Кель, Н.П. Попова, С.И. Кобозева // Известия Международной академии аграрного образования. – 2008. – № 7–2. – С. 66–68.

206. 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.

207. Кобозева, Т.П. Создание сои северного экотипа и интродукция ее Нечерноземную зону России / Т.П. Кобозева. – Монография. – М.: Издательский центр МГАУ. – Москва, 2007. – 107 с.

208. Кобозева, Т.П. Соя в Нечерноземной зоне России / Т.П. Кобозева, Н.П. Попова, С.И. Кобозева, Т.И. Кель, Е.В. Гуреева // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2008. – № 4 (29). – С. 52–53.

209. Кобозева, Т.П. Фракционный и аминокислотный состав белка семян сортов сои разных экотипов / Т.П. Кобозева, У.А. Делаев, У.Г. Зузиев, И.Я. Шишхаев, М.М. Салманов // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 2 (38). – С. 280–286.

210. Козак, Д.К. Изменение биохимических показателей сои в зависимости от условий выращивания / Д.К. Козак, Л.Е. Иваченко, К.С. Голохваст // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2022. – Т. 52. – № 1. – С. 16–24.

211. Корнышев, Д.С. Тенденции изменения температурного режима территории и стратегия сельскохозяйственного производства / Д.С. Корнышев // Известия Великолукской ГСХА. – 2015. – № 2. – С. 8–14.

212. Корсак, В.В. Сценарии глобального потепления и прогнозы изменений агроклиматических ресурсов Поволжья / В.В. Корсак, А.В. Кравчук, Р.В. Прокопец, А.Н. Никишанов, Е.В. Аржанухина // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 1. – С. 51–55.

213. Корсаков, Н.И. Соя (систематика и основы селекции) / Н.И. Корсаков. – Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Л.: ВИР, 1973. – 32 с.

214. Кочегура, А.В. Потенциал современных сортов сои для юга Европейской части России / А.В. Кочегура, М.В. Трунова // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 42–44.

215. Кочегура, А.В. Селекционно-технологические аспекты стабилизации урожая сои на юге Европейской части России / А.В. Кочегура, С.В. Зеленцов, В.Л. Махонин // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2011. – № 2 (148–149). – С. 41–45.

216. Кочегура, А.В. Селекция сои на повышение пищевой и кормовой ценности семян / А.В. Кочегура, С.В. Зеленцов // Пути повышения и стабилизации высококачественного зерна. – Краснодар, 2002. – С. 25–32.

217. Кошкарлова, Т.С. Модернизация методов семеноводства сортов сои в Нижнем Поволжье / Т.С. Кошкарлова, В.В. Толоконников, Г.П. Канцер, С.С. Мухаметханова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3 (59). – С. 205–211.

218. Кошкин, В.А. Методические подходы в диагностике фотопериодической чувствительности и скороспелости растений / В.А. Кошкин // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2012. – Т. 170. – С. 118–129.

219. Кошкин, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник / Е.И. Кошкин. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.

220. Краснощеков, В.Н. Изменение климата и сельское хозяйство России: проблемы и решения / В.Н. Краснощеков, Д.Г. Ольгаренко, О.Н. Рожкова // Природообустройство. – 2017. – № 2. – С. 80–88.

221. Кретович, В.Л. Биохимия растений / В.Л. Кретович // М.: Высшая школа, 1980. – 445 с.

222. Кривошлыков, К.М. Анализ состояния и развития производства сои в мире и России / К.М. Кривошлыков, Е.Ю. Рощина, С.А. Козлова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – № 3 (167). – С. 64–69.

223. Кривошлыков, К.М. Современные тенденции рынка сои в мире и России / К.М. Кривошлыков, Е.Ю. Рощина // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – № 2 (166). – С. 68–72.

224. Кузин, В.Ф. Основные приемы возделывания сои и пути их совершенствования / В.Ф. Кузин, Н.А. Морозов, В.А. Тильба // Соя в Приамурье. – Благовещенск, 1975. – С. 20–38.

225. Кузнецов, И.И. Потенциальные возможности продукционного процесса растений у сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона России / И.И. Кузнецов, А.В. Амелин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2 (35). – С. 11–13.

226. Куперман, Ф.М. Биология развития культурных растений / Ф.М. Куперман, Е.И. Ржанова, В.В. Мурашев. – М.: Высшая школа, 1982. – 343 с.

227. Курец, В.К. Статистическое моделирование системы связей растение – среда / В.К. Курец, Э.Г. Попов. – Л.: Наука, 1991. – 152 с.

228. Кухарев, О.Н. Агрэкологические аспекты применения бактериальных препаратов, регуляторов роста и микроэлементных удобрений в технологии возделывания зернобобовых культур / О.Н. Кухарев, А.Н. Кшникаткина // Нива Поволжья. – 2017. – № 2 (43). – С. 33–41.

229. Кшникаткина А.Н. Урожайность и качество зерна сои в зависимости от инокуляции селенсодержащими препаратами / А.Н. Кшникаткина, В.А. Вихрева, А.А. Блинохватов // Зерновое хозяйство. – 2007. – № 7. – С. 15–16.

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

231. Кшникаткина, А.Н. Приемы повышения симбиотической азотфиксации сои / А.Н. Кшникаткина, Е.Ю. Журавлев // Ветеринария и кормление. – 2017. – № 4. – С. 20–24.

232. Левкина, О.В. Современные тенденции развития мирового соевого рынка / О.В. Левкина, В.В. Васильев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 12–18.

233. Линников, П.И. Актуальные проблемы реализации концепции импортозамещения в сельском хозяйстве (на примере рынка сои) / П.И. Линников // Российское предпринимательство. – 2018. – Т. 19. – № 10. – С. 2771–2786.

234. Линников, П.И. Развитие потенциала импортозамещения в соевом подкомплексе АПК: теоретический аспект / П.И. Линников // Региональные агросистемы: экономика и социология. – 2018. – № 3. – С. 9.

235. Линников, П.И. Российский рынок сои: тенденции, перспективы развития / П.И. Линников // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 10. – С. 81–86.

236. Литвиненко, О.В. Исследование особенностей аминокислотного и жирнокислотного состава семян сои Амурской селекции / О.В. Литвиненко, О.В. Скрипко, О.В. Покотило // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 6. – С. 29–32.

237. Литвиненко, О.В. Оценка биохимического состава соевого зерна в сравнительно-сортовом аспекте / О.В. Литвиненко, Е.С. Стаценко, Н.Ю.

Корнева, Г.В. Кубанкова, Г.А. Кодирова // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 10 (163). – С. 51–59.

238. Лищенко, В.Ф. Мировая продовольственная проблема: белковые ресурсы (1960–2005 гг.) / В.Ф. Лищенко. – М.: ДеЛи принт, 2006. – С. 190–191.

239. Ложкин, А.Г. Влияние способов посева и микроудобрений на продуктивность сои / А.Г. Ложкин, Л.В. Елисеева, С.В. Филиппова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1 (49). – С. 38–44.

240. Ложкин, А.Г. Эффективность применения микроудобрений с элементами регуляторов роста на сое / А.Г. Ложкин, О.П. Нестерова, М.В. Прокопьева, Н.В. Середа // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. – № 1 (57). – С. 17–20.

241. Лукомец, В.М. Перспективная ресурсосберегающая технология производства сои / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, В.Ф. Баранов, А.В. Кочегура. – Методические рекомендации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 56 с.

242. Лукомец, В.М. Перспективы и резервы расширения производства масличных культур в Российской Федерации / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, К.М. Кривошлыков // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 81–102.

243. Лукомец, В.М. Создание сортов сои с расширенной адаптацией к изменяющемуся климату Западного Предкавказья / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 1. – № 35. – С. 248–254.

244. Лукомец, В.М. Соя в России – действительность и возможность / В.М. Лукомец, А.В. Кочегура, В.Ф. Баранов, В.Л. Махонин // ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта Россельхозакадемии. – Краснодар, 2013. – 99 с.

245. Лукьянчук, Л.М. Влияние биологически активных препаратов на адаптивность сортов сои / Л.М. Лукьянчук, О.И. Хасбиуллина // Защита и карантин растений. – 2015. – № 10. – С. 26–27.

246. Лукьянчук, Л.М. Оценка влияния биологически активных препаратов на сорта сои приморской селекции, их рост и развитие на ранних этапах онтогенеза, урожайность и иммунитет / Л.М. Лукьянчук, О.И. Хасбиуллина // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2016. – № 2 (186). – С. 50–56.

247. Лысенко, Н.Н. Управление агробиоценозом сои / Н.Н. Лысенко, Е.В. Кирсанова // Образование, наука и производство. – 2014. – № 2 (7). – С. 52–60.

248. Лысенко, Н.Н. Факторы агротехники, влияющие на формирование урожая и качества зерна сои / Н.Н. Лысенко, С.Н. Петрова, Ю.В. Кузмичева, Н.И. Ботуз, И.Л. Тычинская // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (64). – С. 19–27.

249. Малашонок, А.А. Концепция формирования соевого кластера в АПК Амурской области / А.А. Малашонок, Л.Л. Пашина // Дальневосточный аграрный вестник. – 2016. – № 2 (38). – С. 122–130.

250. Мальцев, В.Ф. Системный подход в исследованиях по земледелию / В.Ф. Мальцев. – Брянск: Изд-во Брянского государственного аграрного университета, 1992. – 20 с.

251. Мальцев, В.Ф. Исследования в земледелии – системный подход / В.Ф. Мальцев, В.Н. Наумкин, В.А. Зверев // Земледелие. – 1986. – № 9. – С. 9–10.

252. Медведев, А.М. О проблемах и научных достижениях российских ученых по зерновым и другим сельскохозяйственным культурам / А.М. Медведев, А.С. Васютин // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 1. – С. 19–24.

253. Мезенцева, Ю.О. К вопросу влияния факторов среды на рост, развитие и продуктивность растений сои / Ю.О. Мезенцева // В сборнике:

Молодежь XXI века: шаг в будущее. – Материалы XXI региональной научно-практической конференции. – Благовещенск, 2020. – С. 37–38.

254. Методические рекомендации 2.3.1.24.32-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ. – М.: Изд-во стандартов, 2008. – С. 6–7.

255. Мингалев, Д.Э. Изменение климата в России (1985–2016) на примере сравнения старой и новой карт агроклиматических поясов / Д.Э. Мингалев // Евразийский союз ученых. – 2017. – № 9–3 (42). – С. 5–9.

256. Минькач, Т.В. Комплексная оценка коллекционных образцов для селекции сои / Т.В. Минькач, О.А. Селихова, Л.К. Дубовицкая, П.В. Тихончук // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – № 2 (54). – С. 35–41.

257. Михайлова, М.П. Роль биологически активных веществ в повышении качества семян сои / М.П. Михайлова, В.Т. Синеговская // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (72). – С. 280–283.

258. Михайлова, М.П. Роль биологически активных веществ в повышении устойчивости растений сои к неблагоприятным факторам среды / М.П. Михайлова, В.Т. Синеговская // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 6. – С. 9–12.

259. Михеева, О.А. Динамика нарастания площади листовой поверхности растениями сои в зависимости от норм высева и способов посева / О.А. Михеева, А.А. Рожков, В.Г. Михеев // Биоресурсы и природопользование. – 2019. – Т. 11. – № 1–2. – С. 77–88.

260. Михилев, А.В. Потепление климата – конкурентное преимущество сельского хозяйства Российской Федерации / А.В. Михилев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 7. – С. 70–73.

261. Моисеенко, Ю.В. Роль сорта в увеличении производства высокобелкового зерна / Ю.В. Моисеенко // Вестник Орел ГАУ. – 2011. – № 5. – С. 108–110.

262. Мокроносов, А.Т. Взаимосвязь фотосинтеза и функции роста / А.Т. Мокроносов // Фотосинтез и продукционный процесс. – М.: Наука, 1988. – С. 109–121.

263. Мокроносов, А.Т. Интеграция функции роста и фотосинтеза / А.Т. Мокроносов // Физиология растений. – 1983. – Т. 30. – Вып. 5. – С. 868–880.

264. Мокроносов, А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма / А.Т. Мокроносов. – М.: Наука, 1983. – 63 с.

265. Мудрик, Н.В. Использование метода многокритериальной оценки сортов сои для экологического испытания / Н.В. Мудрик, Е.С. Бутовец // Дальневосточный аграрный вестник. – 2011. – № 1 (17). – С. 5–8.

266. Муханов, В.Н. Культура сои: история возделывания с древнейших времен до начала XX века / В.Н. Муханов // Вестник гуманитарного научного образования. – 2010. – № 2. – С. 13–15.

267. Мысак, Е.В. Влияние фотопериода на посевные качества семян и основные элементы продуктивности сои / Е.В. Мысак, О.А. Селихова, П.В. Тихончук // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 6. – С. 51–53.

268. Мякушко, Ю.П. Соя / Ю.П. Мякушко, В.Ф. Баранов. – М.: Колос, 1984. – 332 с.

269. Наумов, А.Ю. Особенности развития растений и урожайность сои в зависимости от сроков ее посева / А.Ю. Наумов, А.В. Дозоров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2 (30). – С. 43–51.

270. Наумов, А.Ю. Фотосинтетическая и симбиотическая деятельность зернобобовых культур при различной влагообеспеченности / А.Ю. Наумов, М.Н. Гаранин, Р.С. Паймухина // Аграрная наука и

образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. – 2012. – Т. 1. – С. 26–36.

271. Наумченко, Е.Т. Агроэкологические условия формирования урожайности сои / Е.Т. Наумченко, А.А. Малашонок // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 6. – С. 27–29.

272. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2019 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. – М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2020. – 193 с.

273. Некрасов, А.Ю. Сорты сои, рекомендуемые для использования в селекции по программе импортозамещения / А.Ю. Некрасов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. № 3 (167). С. 92–96.

274. Нефедьева, Е.Э. Роль фитогормонов в регуляции прорастания семян / Е.Э. Нефедьева, С.Л. Белопухов, В.В. Верхотуров, В.И. Лысак // Известия ВУЗов. прикладная химия и биотехнология, 2013. – № 1 (4). – С. 61–66.

275. Ничипорович, А.А. О путях повышения продуктивности растений в посевах / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Из-во АН СССР, 1963. – С. 5–36.

276. Ничипорович, А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Итоги науки и техники. Серия физиология растений, 1977. – Т. 3. – С. 11–54.

277. Ничипорович, А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Итоги науки и техники. – Серия физиология растений, 1977. – Т. 3. – С. 11–54.

278. Ничипорович, А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений / А.А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. – М.: «Наука», 1982. – С. 7–33.

279. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и вопросы повышения урожайности растений / Ничипорович // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1966. – №2. – С. 1–12.

280. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений как основа их продуктивности в биосфере и земледелии / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и продукционный процесс. – М.: «Наука», 1988. – С. 5–20.

281. Новикова, Л.Ю. Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе / Л.Ю. Новикова, И.В. Сеферова, А.Ю. Некрасов, И.Н. Перчук, Т.В. Шеленга, М.Г. Самсонова, М.А. Вишнякова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22. – № 6. – С. 708–715.

282. Нозинич, М. Влияние потепления климата на производство полевых культур / М. Нозинич, В. Тркуля, Н. Пржуха // Сб. статей Международного агробиотехнологического симпозиума «150 инноваций совершенствования ветеринарного обеспечения сельских и городских территорий». – Нижний Новгород: ВПО ФГБОУ «Нижегородская ГСХА», 2016. – С. 52–66.

283. Нозинич, М. Влияние потепления климата на производство полевых культур / М. Нозинич, Н. Пржуха, В. Тркуля // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2 (10). – С. 23–31.

284. Общероссийский классификатор экономических регионов. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 100 с.

285. Омелянюк, Л.В. Продуктивность скороспелых сортов и линий сои в зависимости от изменяющихся условий произрастания / Л.В. Омелянюк, А.Х. Танакулов, А.М. Асанов // Омский научный вестник. – 2012. – № 1 (108). – С. 195–198.

286. Ондон, К. Продовольственная безопасность и изменение климата / К. Ондон // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 42. – С. 205–210.

287. Павлова, В.Н. Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI веке / В.Н. Павлова // Труды главной геофизической обсерватории. – 2013. – № 569. – С. 20–37.

288. Павловский, А.А. Изменения климата и повторяемость экстремальных гидротермических явлений / А.А. Павловский // Вестник Санкт-Петербургского университета. – Серия 7. Геология. География. – 2006. – № 3. – С. 88–94.

289. Павлютина, И.П. Приемы ускорения созревания семян сои / И.П. Павлютина, И.Я. Моисеенко, Б.С. Лихачев // Кормопроизводство. – 2005. – № 1. – С. 24–27.

290. Парахин, Н.В. Влияние двойной инокуляции на симбиоз, азотфиксацию, продуктивность и качество семян сои / Н.В. Парахин, А.А. Осин, В.С. Осина // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2008. – № 3 (12). – С. 2–4.

291. Петибская, В.С. Соя: химический состав и использование / В.С. Петибская. – Майкоп: «Полиграф Юг», 2012. – 432 с.

292. Петренкова, В.П. Оценка сортов сои по устойчивости к засухе / В.П. Петренкова, Е.Ю. Кучеренко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 20–23.

293. Плотников, А.А. Перспективы возделывания сортов сои северного экотипа в условиях Костромской области / А.А. Плотников, Г.Б. Демьянова-Рой, Е.Б. Борцова // Агрехимический вестник. – 2017. – № 6. – С. 6–9.

294. Поддубная, М.Н. Интеграция Российской Федерации в мировой рынок сои в целях повышения продовольственной безопасности страны / М.Н. Поддубная, А.З. Толстова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 4–1 (81). – С. 78–82.

295. Полевщиков, С.И. Отзывчивость сортов сои отечественной и зарубежной селекции на разные сроки сева в условиях Северо-Восточной

части ЦЧР / С.И. Полевщиков, Д.С. Гаврилин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2014. – № 2. – С. 24–28.

296. Полушкин, П.В. Сравнительная продуктивность сортов сои южного экотипа в интенсивных условиях Среднего Поволжья / П.В. Полушкин, В.В. Зубков // Аграрная Россия. – 2019. – № 6. – С. 3–7.

297. Поморова, Ю.Ю. Характеристика, методы выделения белковой фракции семян основных масличных культур (обзор) / Ю.Ю. Поморова, В.В. Пятовский, Д.В. Бескоровайный, Ю.С. Болховитина // Масличные культуры. – 2019. – № 4 (180). – С. 161–169.

298. Попова, Н.П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа / Н.П. Попова, М.Е. Бельшкіна, Т.П. Кобозева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 104–108.

299. Попова, Н.П. Особенности прохождения онтогенеза сои сортов северного экотипа в условиях Московского региона / Н.П. Попова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 26. – С. 140–144.

300. Попова, Н.П. Разнокачественность семян у сои северного экотипа / Н.П. Попова, С.И. Кобозева, У.А. Делаев // Достижения науки и техники в АПК. – 2009. – № 11. – С. 32–33.

301. Попова, Н.П. Симбиотическая деятельность посевов сои в Центральном Нечерноземье / Н.П. Попова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – № 25-1. – С. 68–72.

302. Попова, Н.П. Фракционный и аминокислотный состав семян сои сортов северного экотипа / Н.П. Попова // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 27. – С. 125–127.

303. Поползухина, Н.А. Оценка фотосинтетической и симбиотической эффективности зернобобовых культур в различных агроэкологических условиях / Н.А. Поползухина, Е.Н. Озякова, И.Г. Кадермас, А.М. Асанов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 60. – С. 223–230.

304. Посевные площади Российской Федерации сельскохозяйственных культур по категориям хозяйств // URL: <https://rosstat.gov.ru/search> (дата обращения 06.11.2020).

305. Посыпанов, Г. Сорты сои для северной границы ее посевов / Г. Посыпанов, М. Гуреева, Т. Кобозева, У. Делаев, Е. Гуреева, Е. Беляев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2006. – № 3. – С. 61–62.

306. Посыпанов, Г.С. Биологические параметры сорта сои для Центрального района Нечерноземной зоны Европейской части РФ / Г.С. Посыпанов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1984. – Вып. 4. – С. 17–22.

307. Посыпанов, Г.С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка: монография / Г.С. Посыпанов. – М.: Инфра-М, 2015. – 251 с.

308. Посыпанов, Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка / Г.С. Посыпанов, П.П. Вавилов. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 256 с.

309. Посыпанов, Г.С. Методы создания сортов сои северного экотипа / Г.С. Посыпанов, Т.П. Кобозева, У.А. Делаев, Е.В. Беляев, И.И. Тазин, М.М. Токбаев // Сельскохозяйственная биология. – 2006. – Т. 41. – № 5. – С. 29–33.

310. Посыпанов, Г.С. Создание сортов сои северного экотипа и интродукция ее в Нечерноземную зону России / Г.С. Посыпанов, Т.П. Кобозева, В.П. Мухин, М.П. Гуреева, Л.А. Буханова, Н.В. Заренкова, Е.В. Беляев, Е.В. Демьяненко // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 1. – С. 73–78.

311. Посыпанов, Г.С. Сорты сои северного экотипа (возможные районы возделывания) / Г.С. Посыпанов, Т.П. Кобозева, В.Н. Посыпанова, У.А. Делаев, Е.В. Беляев // Зерновое хозяйство. – 2006. – № 7. – С. 11–14.

312. Посыпанов, Г.С. Целесообразность и возможность интродукции сои в Центральном Нечерноземье / Г.С. Посыпанов, Т.П. Кобозева, В.Н. Посыпанова, У.А. Делаев, И.И. Тазин, Е.В. Беляев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2005. – № 2. – С. 135–139.

313. Посыпанов, Г.С. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов. – М.: Изд-во МСХА, 1995. – 22 с.

314. Пфедфер, В. Физиология растений / В. Пфедфер. – 1881. –Т. 1, 2.

315. Разанцев, В.И. Влияние регуляторов роста на биометрические показатели и активность оксидоредуктаз сои / В.И. Разанцев, Л.Е. Иваченко, П.Н. Разанцев, А.С. Конищев // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 2. – С. 65–72.

316. Ракина, М.С. Экологическая пластичность образцов сои из мирового генофонда коллекции ВИР по основным показателям качества семян / М.С. Ракина // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 2. – С. 12–13.

317. Расулова, В.А. Анализ современного состояния производства сои в России / В.А. Расулова, А.Ф. Мельник // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2020. – № 3 (27). – С. 6–8.

318. Рафальский, С.В. Продуктивность сельскохозяйственных культур при применении биопрепаратов в условиях Приамурья / С.В. Рафальский, Н.Б. Рафальская, О.М. Рафальская, Т.В. Мельникова, Г.П. Щетинин, С.Н. Мамонов // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2016. – № 2 (186). – С. 57–63.

319. Ревенко, В.Ю. Экологическая пластичность линий сои в зависимости от погодных условий зоны неустойчивого увлажнения / В.Ю. Ревенко, Н.А. Мацола, О.Г. Шабалдас // Вестник АПК Ставрополя. – 2019. – № 3 (35). – С. 61–65.

320. Регистр ресурсов-энергосберегающих технологий производства продукции растениеводства для Рязанской области (Система технологий): Под общ. ред. С.В. Сальникова. – Рязань: Рязанский НИПТИ АПК Россельхозакадемии, 2007. – С. 92–101.

321. Редкокашина, А.В. История возделывания сои на Дальнем Востоке / А.В. Редкокашина // Современные тенденции селекции и агротехнологии сои: монография. – Уссурийск: Изд-во ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», 2016. – С. 6–9.

322. Редкокашина, А.В. Фотосинтетическая продуктивность растений сои в экспериментальных посевах / А.В. Редкокашина // Аграрный вестник Приморья. – 2016. – № 4 (4). – С. 17–18.

323. Розенцвейг, В.Е. Динамика корреляционных связей и модель сорта сои / В.Е. Розенцвейг, Д.В. Голоенко, О.Г. Давыденко // Сб. статей 2-й Международной конференции по сое «Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои». – Краснодар, 2008. – С. 171–177.

324. Рябуха, С.С. Оценка экологической пластичности и стабильности современного селекционного материала сои / С.С. Рябуха, П.В. Чернышенко, С.И. Святченко, И.Н. Безуглый, Т.А. Шелякина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 4 (32). – С. 52–59.

325. Ряднов, А.И. Современные специализированные жатки и адаптеры для уборки сои / А.И. Ряднов, М.Е. Чаплыгин, С.В. Тронеv, С.А. Давыдова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 4 (60). – С. 389–402.

326. Светашова, Л.А. Современное состояние производства сои и оценка эффективности технологий ее возделывания / Л.А. Светашова, Е.В. Климкина, А.Ф. Климкин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (46). – С. 190–196.

327. Свищева, М.И. Анализ состояния рынка сои в Российской Федерации в региональном разрезе / М.И. Свищева, Н.А. Карпунин // Управление рисками в АПК. – 2019. – № 2 (30). – С. 83–95.

328. Селицкий, С.А. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность орошаемой сои при комплексной обработке регуляторами

роста /

С.А. Селицкий, Г.Т. Балакай // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2021. – № 2 (82). – С. 17-22.

329. Сельское хозяйство в России. 2019: Статистический сборник / Росстат. – М., 2019. – 91 с.

330. Сеферова, И.В. Генофонд сои из коллекции ВИР для продвижения агрономического ареала культуры к северу / И.В. Сеферова, М.А. Вишнякова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3 (27). – С. 41–47.

331. Сеферова, И.В. Климатические факторы, влияющие на развитие скороспелых образцов сои в условиях Северо-Запада РФ / И.В. Сеферова, Л.Ю. Новикова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2015. – Т. 176. – № 1. – С. 88–97.

332. Сеферова, И.В. Эколого-географическая оценка биологического потенциала скороспелых сортов и осевнение сои / И.В. Сеферова, Т.В. Мисюрина, М.А. Никишкина // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 5. – С. 42–47.

333. Синеговская, В.Т. Влияние обеспеченности растений минеральным питанием на содержание белка в семенах сои / В.Т. Синеговская, Е.Т. Наумченко, И.В. Ануфриева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 4. – С. 69–72.

334. Синеговская, В.Т. Влияние приемов агротехники на продуктивность сои / В.Т. Синеговская, А.Н. Гайдученко, М.В. Толмачев // Земледелие. – 2010. – № 5. – С. 27–29.

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

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

337. Синеговская, В.Т. Инновационные разработки для решения задач импортозамещения / В.Т. Синеговская, Т.А. Асеева // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 2. – С. 24–27.

338. Синеговская, В.Т. Использование экологически чистых технологий при получении зерна сои / В.Т. Синеговская, И.М. Присяжная, М.О. Синеговский, С.П. Присяжная // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 3. – С. 71–75.

339. Синеговская, В.Т. Исследование фотосинтетических процессов сортов сои Амурской селекции / В.Т. Синеговская, О.С. Душко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 3. – С. 54–56.

340. Синеговская, В.Т. Методы исследований в полевых опытах с соей: учебно-методическое пособие / В.Т. Синеговская, Е.Т. Наумченко, Т.П. Кобозева. – Благовещенск: Изд-во ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 2016. – 115 с.

341. Синеговская, В.Т. Оптимизация симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов сои в условиях Приамурья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.01 / Синеговская Валентина Тимофеевна. – М., 2001. – 64 с.

342. Синеговская, В.Т. Роль биологически активных веществ в повышении фотосинтетической и семенной продуктивности сои / В.Т. Синеговская // Дальневосточный аграрный вестник. – 2013. – № 4 (28). – С. 13–18.

343. Синеговская, В.Т. Роль сорта в повышении эффективности производства сои в Амурской области / В.Т. Синеговская, М.О. Синеговский, Н.Е. Антонова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 5. – С. 28–30.

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

345. Синеговская, В.Т. Стратегические аспекты создания сортов сои с высоким уровнем фотосинтетической продуктивности и технологических свойств / В.Т. Синеговская, О.В. Скрипко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 66. – С. 223–228.

346. Синеговская, В.Т. Стратегия развития селекции и семеноводства сои на Дальнем Востоке России / В.Т. Синеговская // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 59. – С. 344–350.

347. Синеговская, В.Т. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сои в Приамурье при разных способах обработки почвы / В.Т. Синеговская, А.Н. Гайдученко, М.В. Толмачев // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 30–32.

348. Синеговский, М.О. Перспективы производства сои в Дальневосточном федеральном округе / М.О. Синеговский // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 1. – С. 13–16.

349. Синеговский, М.О. Состояние, перспективы и фитосанитарные риски производства сои / М.О. Синеговский, А.А. Кузьмин // Защита и карантин растений. – 2020. – № 10. – С. 7–12.

350. Синеговский, М.О. Экономика производства сои: учет сортовых и региональных особенностей: монография / М.О. Синеговский, Н.Е. Антонова // Благовещенск: Изд-во «ОДЕОН», 2018. – 128 с.

351. Сиротенко, О.Д. Влияние изменения климата на сельское хозяйство / О.Д. Сиротенко, В.Н. Павлова // Развитие сельскохозяйственной метеорологии в России. Изд. 2-е, под ред. А.Д. Клещенко, И.Г. Грингофа. – Обнинск, 2009. – С. 168–190.

352. Сихарулидзе, Т.Д. Влияние гидротермических условий на урожайность сои в Центральном Нечерноземье / Т.Д. Сихарулидзе, В.К. Храмой, Е.В. Гуреева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 3. – С. 45–46.

353. Сихарулидзе, Т.Д. Влияние температурного режима на продолжительность вегетационного периода и урожайность сои в условиях

Центрального Нечерноземья / Т.Д. Сихарулидзе, В.К. Храмой // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 32–39.

354. Сихарулидзе, Т.Д. Экологические испытания скороспелых сортов сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / Т.Д. Сихарулидзе, В.К. Храмой, М.В. Демьяненко // Земледелие. – 2012. – № 1. – С. 47–48.

355. Скрипко, О.В. Сортовые особенности сои Амурской селекции, возможности ее использования для производства продуктов питания / О.В. Скрипко, О.В. Литвиненко, О.В. Покотило // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 7. – С. 12–15.

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

357. Специализированные массивы для климатических исследований: Информация ВНИИГМИ-МЦД (Электронный ресурс). – Режим доступа: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>.

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

359. Степанова, В.М. Климат и сорт / В.М. Степанова. – Соя. – Л.: Гидрометиздат, 1985. – 184 с.

360. Стоккер, Т.Ф. Изменение климата: научная физическая основа / Т.Ф. Стоккер, Д. Цинь, Т.-К. Платтнер. – М.: Изд-во МГЭИК, 2013. – 222 с.

361. Суховеева, О.Э. Влияние современных изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур в Нечерноземье / О.Э. Суховеева // География и природные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 71–77.

362. Суховеева, О.Э. Изменения климатических условий и агроклиматических ресурсов в центральном районе Нечерноземной зоны /

О.Э. Суховеева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2016. – № 4. – С. 41–49.

363. Сырмолот, О.В. Использование биопрепаратов для повышения фотосинтетической и семенной продуктивности сои / О.В. Сырмолот, В.Т. Синеговская // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 5. – С. 67–71.

364. Таратухин, О.Д. Нейросетевая модель прогнозирования фенологии скороспелых сортов сои по климатическим факторам / О.Д. Таратухин, Л.Ю. Новикова, И.В. Сеферова, Т.В. Герасимова, С.В. нуждин, М.Г. Самсонова, К.Н. Козлов // Биофизика. – 2020. – Т. 65. – № 1. – С. 125–137.

365. Тильба, В.А. Биология сои: возможности оптимизации отдельных продукционных процессов / В.А. Тильба, Н.М. Тишков // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – № 3 (167). – С. 78–87.

366. Тильба, В.А. Роль симбиотической азотфиксации в повышении фотосинтетической продуктивности сои / В.А. Тильба, В.Т. Синеговская // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 5. – С. 16–18.

367. Тишкова, А.Г. Эффективность средств защиты в повышении устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам сои в Хабаровском крае / А.Г. Тишкова, Т.А. Асеева, Е.В. Золотарева // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 1 (49). – С. 20–27.

368. Толоконников, В.В. Адаптивные, высокобелковые сорта сои для возделывания в мелиорированных агроландшафтах Южной и Центральной России / В.В. Толоконников, Г.П. Канцер, Т.С. Кошкарова, И.В. Кожухов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 4 (52). – С. 166–170.

369. Тооминг, Х.Г. Оптимизация фотосинтетической деятельности на ценоотическом уровне / Х.Г. Тооминг // Фотосинтез и продукционный процесс. – М.: Наука, 1988. – С. 164–176.

370. Тооминг, Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х.Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 200 с.

371. Тооминг, Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов / Х.Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 264 с.

372. Торииков, В.Е. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии: монография / В.Е. Торииков, С.А. Бельченко, А.В. Дронов, И.Я. Моисеенко, О.А. Зайцева. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2019. – 284 с.

373. Тошкина, Е.А. Влияние сорта на продуктивность семян однолетних бобовых культур / Е.А. Тошкина, К.А. Амбарцумова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 81. – С. 200–205.

374. Трунова, М.В. Модель высокопродуктивного среднераннеспелого сорта сои для условий недостаточного увлажнения юга России / М.В. Трунова, А.В. Кочегура // Сб. статей 2-й Международной конференции по сое «Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои». – Краснодар, 2008. – С. 85–90.

375. Трунова, М.В. Модель раннеспелого сорта сои для Южно-Европейской части России / М.В. Трунова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – № 2 (170). – С. 27–36.

376. Тюрина, Ю.Г. Теоретические аспекты применения системного подхода в научных исследованиях / Ю.Г. Тюрина // Научные вести. – 2019. – № 3. – С. 33–38.

377. Усанова, З.И. Влияние норм высева на формирование урожайности сортов сои в условиях Верхневолжья / З.И. Усанова, В.В. Кукарекин // Сб. статей Международной конференции «Инновационные и нанотехнологии в системе стратегического развития АПК региона». – Тверь:

Изд-во Тверской государственной сельскохозяйственной академии, 2013. – С. 61–66.

378. Устарханова, Э.Г. Краткий исторический экскурс селекции сои на Армавирской опытной станции ВНИИМК / Э.Г. Устарханова, Р.Н. Черезов // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2015. – № 12. – С. 29–34.

379. Устюжанин, А.П. Стратегия развития соевого комплекса России / А.П. Устюжанин // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 3–6.

380. Устюжанин, А.П. Стратегия развития соевого комплекса России. Программные цели с прогнозом до 2020 года / А.П. Устюжанин // Информбюллетень Минсельхоза России. – 2012. – № 4. – С. 24–29.

381. Фадеев, А.А. Слагающие величины продуктивности сои и параметры модели нового сорта северного экотипа для условий 56° с.ш. / А.А. Фадеев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2012. – № 3 (28). – С. 13–17.

382. Фадеева, А.Н. Потенциал зернобобовых культур и приемы его повышения / А.Н. Фадеева, Р.П. Ибатуллина, М.Ш. Тагиров, Т.Н. Абросимова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 2. – С. 26–27.

383. Фадеева, А.Н. Урожайность и качество семян сортов сои различного эколого-географического происхождения / А.Н. Фадеева, Т.Н. Абросимова // Земледелие. – 2019. – № 3. – С. 37–40.

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

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

386. Федорова, Т.Н. Оптимизация сроков посева сои в условиях Среднего Приамурья / Т.Н. Федорова, С.А. Шукюров // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 8. – С. 75–79.

387. Федотов, В.А. Соя в России / В.А. Федотов, С.В. Гончаров, О.В. Столяров, Т.Г. Ващенко, Н.С. Шевченко; под ред. В.А. Федотова, С.В. Гончарова. – М.: Агролига России, 2013. – 430 с.

388. Фокина, Е.М. Агроэкологическая оценка перспективных образцов сои / Е.М. Фокина, С.А. Титов, Д.Р. Разанцев // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 7. – С. 21–23.

389. Фокина, Е.М. Использование нетипичных форм сои при создании сортов нового поколения / Е.М. Фокина, В.Т. Синеговская, Н.Д. Фоменко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 66. – С. 242–247.

390. Фокина, Е.М. Перспективы использования коллекционного материала сои в селекционных исследованиях Приамурья / Е.М. Фокина, Д.Р. Разанцев // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 2 (50). – С. 64–70.

391. Фоменко, Н.Д. Каталог сортов сои селекции Всероссийского НИИ сои / Н.Д. Фоменко, В.Т. Синеговская, Н.С. Слободяник // Благовещенск: ФГНУ ВНИИ сои, 2015. – 150 с.

392. Фролов, С.С. Продуктивность сортов сои различных групп спелости в сложившихся в 2017 году погодно-климатических условиях / С.С. Фролов, В.Ю. Ревенко, Н.А. Мацола // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 11-2 (77). – С. 42–45.

393. Хайрулина, Т.П. Изменение продуктивности сои под действием температурного стрессора / Т.П. Хайрулина, П.В. Тихончук // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 2. – С. 48–49.

394. Хамоков, Х.А. Влияние сортовой специфичности и условий возделывания сои на симбиотическую деятельность посевов / Х.А. Хамоков

// Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 3–2. – С. 63–66.

395. Хамоков, Х.А. Показатели симбиотической и фотосинтетической деятельности посевов сои в зависимости от условий возделывания / Х.А. Хамоков // Интеграция наук. – 2017. – № 2 (6). – С. 76–80.

396. Ханиева, И.М. Симбиотическая деятельность посевов сои в зависимости от применяемых биопрепаратов / И.М. Ханиева, И.Х. Тлостанов, Х.М. Кошукоев, А.М. Каскулова // News of Science and Education. – 2019. – Т. 3. – № 5. – С. 73–76.

397. Хасбиуллина, О.И. Оценка сортообразцов сои китайского и американского происхождения по хозяйственно ценным признакам в условиях Приморского края / О.И. Хасбиуллина, Е.А. Васина // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 12–1. – С. 135–139.

398. Храмой, В.К. Обоснование оптимального срока посева сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / В.К. Храмой, Т.Д. Сихарулидзе, О.В. Рахимова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3 (43). – С. 98–102.

399. Целевая отраслевая программа «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на период 2014–2020 гг.». (Соя России). – М.: Минсельхоз России, 2014. – 89 с.

400. Цехмейструк, Н.Г. Урожайность сортов сои в зависимости от климатических условий зоны выращивания / Н.Г. Цехмейструк, В.А. Шелякин, Р.Д. Магомедов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3. – С. 49–52.

401. Частная физиология полевых культур: учебное пособие / Кошкин Е.И., Гатаулина Г.Г., Дьяков А.Б., Беденко В.П., Третьяков Н.Н. и др. // под. ред. Е.И. Кошкина. – М.: Изд-во КолосС, 2005. – 344 с.

402. Чекмарев, П.А. Рациональные подходы к решению проблемы белка в России / П.А. Чекмарев, А.И. Артюхов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 5–8.

403. Шабалдас, О.Г. Продуктивность сортов сои различных групп спелости в условиях восточной зоны Краснодарского края / О.Г. Шабалдас, Н.И. Зайцев, К.И. Пимонов, Э.Г. Устарханова, А.С. Голубь // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 38–40.

404. Шабалдас, О.Г. Урожайность сортов сои различных групп спелости при естественном плодородии почвы в условиях орошения / О.Г. Шабалдас, К.И. Пимонов, Л.В. Трубачева, С.С. Войцеховская // Земледелие. – 2020. – № 3. – С. 41–44.

405. Шабалкин, А.В. Влияние обработки семян и вегетирующих растений сои микробиологическими удобрениями на урожайность и качество продукции в условиях Центрально-Черноземного региона / А.В. Шабалкин, Е.А. Дубинкина, Н.Н. Беляев // Аграрная Россия. – 2020. – № 9. – С. 12–16.

406. Шарипова, Г.Ф. Эффективность применения удобрений с микроэлементами на различных сортах сои / Г.Ф. Шарипова, В.А. Колесар, Р.И. Сафин // Плодородие. – 2020. – № 3 (114). – С. 9–12.

407. Шатилов, И.С. Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / И.С. Шатилов, М.К. Каюмов. – М.: «Колос», 1978. – С. 336.

408. Шатилов, И.С. Постановка опытов и проведение исследований по программированию урожаев полевых культур: методические рекомендации / И.С. Шатилов, М.К. Каюмов. – М.: ВАСХНИЛ, 1978. – 91 с.

409. Шафигуллин, Д.Р. Изучение скороспелости у коллекционного материала сои / Д.Р. Шафигуллин, М.С. Гинс, Е.В. Романова, Д.Б. Бородин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (66). – С. 56–62.

410. Шафигуллин, Д.Р. Накопление сырого белка образцами сои овощного типа в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России / Д.Р. Шафигуллин, М.С. Гинс, Е.П. Пронина, Е.В. Романова, А.В. Солдатенко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 2. – С. 13–16.

411. Шевелуха, В.С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В.С. Шевелуха. – М.: Колос, 1992. – 594 с.
412. Шевченко, В.А. Адаптивные агротехнологии возделывания полевых культур: учебное пособие / В.А. Шевченко, Н.С. Матюк, В.Д. Полин, В.А. Николаев. – М.: Изд-во ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, 2020. – 233 с.
413. Шевченко, В.А. Размещение сельскохозяйственных культур по регионам Нечерноземной зоны и фитосанитарное состояние вводимых в оборот ранее мелиорированных земель / В.А. Шевченко, А.М. Соловьев, Г.И. Бондарева, Н.П. Попова. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова», 2020. – С. 4–11.
414. Шевченко, В.Е. Научное обеспечение соеводства в Центральном Черноземье / В.Е. Шевченко // Вестник Орел ГАУ. – 2006. – № 2–3. – С. 37–38.
415. Шепель, О.Л. Зависимость хозяйственно-биологических признаков сои от гидротермических условий Среднего Приамурья / О.Л. Шепель, Т.А. Асеева, М.П. Зволимбовская // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 8. – С. 16–22.
416. Шишхаев, И.Я. Урожайность семян сои разных экотипов в зависимости от сроков и норм высева в условиях лесостепной зоны Восточного Предкавказья / И.Я. Шишхаев, У.А. Делаев // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2008. – № 4 (29). – С. 74–77.
417. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Под ред. Д. Шпаар. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 263 с.
418. Штеле, А.Л. Основные факторы использования зернобобовых культур в кормлении птицы / А.Л. Штеле // Птицеводство. – 2015. – № 2. – С. 25–30.

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

420. Щегорец, О.В. Соеводство / О.В. Щегорец. – Благовещенск: Изд-во: ООО «ИК РИО», 2018. – 600 с.

421. Электронный ресурс: <http://ikar.ru/>.

422. Электронный ресурс: <http://www.fao.org/faostat>.

423. Электронный ресурс: <http://www.gks.ru/>.

424. Юркова, Р.Е. Современное состояние производства сои в России / Р.Е. Юркова, Л.М. Докучаева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 2 (74). – С. 8–13.

425. Якунин, Д.А. Прогнозы воздействия изменения климата на сельское хозяйство в Нижнем Поволжье / Д.А. Якунин, С.М. Мусаелян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 2 (22). – С. 80–86.

426. Anderson, M.C. The evaporative stress index as an indicator of agricultural drought in Brazil: an assessment based on crop yield impacts / M.C. Anderson, F. Gao, C.A. Zolin, P.C. Sentelhas, C.R. Hain, K. Semmens, M. Tugrul Yilmaz, J.A. Otkin, R. Tetraault // Remote Sensing of Environment. – 2016. – Vol. 174. – Pp. 82–99.

427. Anjum, S.A. Growth and developmental responses of crop plants under drought stress: a review / S.A. Anjum, A. Zohaib, I. Ali, T. Tabassum, U. Nazir, U. Ashraf, M. Tanveer, M. Naeem // Zemdirbyste. – 2017. – Vol. 104. – № 3. – Pp. 267–276.

428. Ashraf, M. Photosynthesis under stressful environments: an overview / M. Ashraf, P.J.C. Harris // Photosynthetica. – 2013. – Vol. 51. – № 2. – Pp. 163–190.

429. Atkins, C.A. A metabolic connection between nitrogenase activity and the synthesis of ureides in nodulated soybean / C.A. Atkins, M. Fernando, S. Hunt, D.B. Layzell // *Physiologia Plantarum*. – 1992. – Vol. 84. – № 3. – Pp. 441–447.

430. Baddeley, J.A. Biological nitrogen fixation (BNF) by legume crops in Europe / J.A. Baddeley, S. Jones, C.F.E. Topp, C.A. Watson, J. Helming, F.L. Stoddard. – Legume Futures Report 1.5. 2013: Available at: www.legumefutures.de.

431. Baghel, L. Effect of static magnetic field pretreatment on growth, photosynthetic performance and yield of soybean under water stress / L. Baghel, S. Kataria, K.N. Guruprasad // *Photosynthetica*. – 2018. – Vol. 56. – № 2. – Pp. 718–730.

432. Balboa, G.R. Shifts in soybean yield, nutrient uptake, and nutrient stoichiometry: a historical synthesis-analysis / G.R. Balboa, V.O. Sadras, I.A. Ciampitti // *Crop Science*. – 2018. – Vol. 58. – № 1. – Pp. 43–54.

433. Ball, R.A. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the southern USA / R.A. Ball, L.C. Purcell, E.D. Vories // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – № 3. – Pp. 757–764.

434. Bassham, J.A. Increasing crop production through more controlled photosynthesis / J.A. Bassham // *Crop Science*. – 1977. – Vol. 4304. – Pp. 630–638.

435. Basso, B. Seasonal crop yield forecast: methods, applications, and accuracies / B. Basso, L. Liu // *Advances in Agronomy*. – 2019. – Vol. 154. – Pp. 201–255.

436. Bastidas, A.M. Soybean sowing date: the vegetative, reproductive, and agronomic impacts / A.M. Bastidas, T.D. Setiyono, A. Dobermann, K.G. Cassman, G.L. Graef, J.E. Specht, R.W. Elmore // *Crop Science*. – 2008. – Vol. 48. – № 2. – Pp. 727–740.

437. Beaver, J.S. Dry matter accumulation and seed yield of determinate and indeterminate soybeans / J.S. Beaver, R.L. Cooper, R.J. Martin // *Agronomy Journal*. – 1985. – Vol. 77. – Pp. 675–679.

438. Beaver, J.S. Response of determinate and indeterminate soybeans to varying cultural practices in the northern USA / J.S. Beaver, R.R. Johnson // *Agronomy Journal*. – 1981. – Vol. 73. – Pp. 833–838.

439. Begonia, G.B. Plant photosynthetic production as controlled by leaf growth, phenology, and behavior / G.B. Begonia, M.T. Begonia // *Photosynthetica*. – 2007. – Vol. 45. – № 3. – Pp. 321–333.

440. Belkheir, A.M. Variability in yield and yield component responses to genistein pre-incubated bradyrhizobium japonicum by soybean (*Glycine max* (L.) Merr) cultivars / A.M. Belkheir, X. Zhou, D.L. Smith // *Plant and Soil*. – 2001. – Vol. 229. – № 1. – Pp. 41–46.

441. Bell, M.J. Peanut leaf photosynthetic activity in cool field environments / M.J. Bell, T.J. Gillespie, R.C. Roy, T.E. Michaels, M. Tollenaar // *Crop Science*. – Vol. 34. – 1994. – P. 1023–1029.

442. Bellaloui, N. Soybean seed composition and quality: interactions of environment, genotype, and management practices / N. Bellaloui, A.M. Gillen, H.K. Abbas, K.N. Reddy, H.A. Bruns, D.K. Fisher, R.M. Zablotowicz, A. Mengistu, L.H.S. Zobiolo, R.J. Kremer // *Soybeans: Cultivation, Uses and Nutrition*, 2011. – Pp. 1–42.

443. Ben-Ari, T. Analysis of the trade-off between high crop yield and low yield instability at the global scale / T. Ben-Ari, D. Makowski // *Environmental Research Letters*. – 2016. – Vol. 11. – № 10. – Pp. 104005.

444. Bitá, C.E. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops / C.E. Bitá, T. Gerats // *Frontiers in Plant Science*. – 2013. – Vol. 4. – № JUL. – Pp. 273.

445. Board, J.E. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean / J.E. Board, B.G. Harville // *Agronomy Journal*. – 1994. – Vol. 86. – Pp. 1103–1106.

446. Board, J.E. Late-planted soybean yield response to reproductive source/sink stress / J.E. Board, B.G. Harville // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – № 3. – Pp. 763–771.

447. Board, J.E. Soybean yield formation: what controls it and how it can be improved, soybean physiology and biochemistry / J.E. Board, C.S. Kahlon – 2011. – 488 p.

448. Board, J.E. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean / J.E. Board, H. Modali // *Crop Science*. – 2005. – Vol. 45. – Pp. 1790–1799.

449. Board, Ja.E. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean / Ja.E. Board, M.S. Kang, B.G. Harville // *Semigroup Forum*. – 1999. – Vol. 91. – № 1. – Pp. 128–135.

450. Boerma, H.R. Canopy photosynthesis and seed fill duration in recently developed soybean cultivars and selected plant introductions / H.R. Boerma, D.A. Ashley // *Crop Science*. – 1988. – Vol. 28. – Pp. 137–140.

451. Boote, K.J. Improving soybean cultivars for adaptation to climate change and climate variability / K.J. Boote // *Crop Adaptation to Climate Change*, 2011. – Pp. 370–395.

452. Boquet, D.J. Yield and risk utilizing short-season soybean production in the Mid-Southern USA / D.J. Boquet // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – № 4. – Pp. 1004–1011.

453. Bravo, J.J. Family and line selection for elevated palmitate of soybean / J.J. Bravo, W.R. Fehr, G.A. Welke, E.G. Hammond, S.R. Cianzio // *Crop Science*. – 1999. Vol. 39. – № 3. – Pp. 679–682.

454. Brown, R.A. Difference in N use efficiency in C₃ and C₄ plants and its implications in adaptation and evolution / R.A. Brown // *Crop Science*. – 1978. – Vol. 18. – Pp. 93–98.

455. Brown-Guedira, G.L. Evaluation of genetic diversity of soybean introductions and north American ancestors using RAPD and SSR markers / G.L.

Brown-Guedira, J.A. Thompson, R.L. Nelson, M.L. Warburton // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – № 3. – Pp. 815–823.

456. Bruening, W.P. Relationship between photosynthesis and seed number at phloem isolated nodes in soybean / W.P. Bruening, D.B. Egli // *Crop Science*. – 1999. – Vol. 39. – № 6. – Pp. 1769–1774.

457. Bulegon, L.G. Enzymatic activity, gas exchange and production of soybean co-inoculated with bradyrhizobium japonicum and azospirillum brasilense / L.G. Bulegon, V.F. Guimarães, A.G. Battistus, A.M. Inagaki, L.C. Offemann, A.K.P. de Souza, J. Klein // *Australian Journal of Crop Science*. – 2017. – Vol. 11. – № 7. – Pp. 888–896.

458. Bunce, J.A. Contrasting effects of carbon dioxide and irradiance on the acclimation of photosynthesis in developing soybean leaves / J.A. Bunce // *Photosynthetica*. – 2000. – Vol. 38. – № 1. – Pp. 83–89.

459. Bunce, J.A. Water stress and day-to-day variation in apparent photosynthetic acclimation of field-grown soybeans to elevated carbon dioxide concentration / J.A. Bunce, R.C. Sicher // *Photosynthetica*. – 2001. – Vol. 39. – № 1. – Pp. 95–101.

460. Burchfield, E. Changing yields in the central United States under climate and technological change / E. Burchfield, N. Matthews-Pennanen, J. Schoof, C. Lant // *Climatic Change*. – 2020. – Vol. 159. – № 3. – Pp. 329–346.

461. Cahill, K.N. Modeling climate change impacts on wine grape yields and quality in California / K.N. Cahill, D.B. Lobell, C.B. Field, C. Bonfils, K. Hayhoe // *Rechauffement climatique, quels impacts probables sur les vignobles*. – 2007. – Pp. 1–9.

462. Calvino, P.A. Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean / P.A. Calvino, V.O. Sadras, F.H. Andrade // *Field Crops Research*. – 2003. – Vol. 83. – № 1. – Pp. 67–77.

463. Campbell, P.K.E. Assessment of vegetation stress using reflectance or fluorescence measurements / P.K.E. Campbell, E.M. Middleton, E.W. Chappelle,

J.E. McMurtrey, L.A. Corp // Journal of Environmental Quality. – 2007. – Vol. 36. – № 3. – Pp. 832–845.

464. Carpenter, A.C. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations / A.C. Carpenter, J.E. Board // Crop Science. – 1997. – Vol. 37. – Pp. 1520–1526.

465. Christenson, B.S. Predicting soybean relative maturity and seed yield using canopy reflectance / B.S. Christenson, W.T. Schapaugh, N. An, V. Prasad, A.K. Fritz, K.P. Price // Crop Science. – 2016. – Vol. 56. – № 2. – Pp. 625–643.

466. Claus, H. Time course study of translocation of product of photosynthesis on soybean plants / H. Claus, D.C. Mortimer, P.R. Yorham // Plant Physiol. – 1966. – Vol. 39. – № 2. – Pp. 269–273.

467. Collino, D.J. Biological nitrogen fixation in soybean in Argentina: relationships with crop, soil, and meteorological factors / D.J. Collino, R.W. Racca, F. Salvagiotti, A. Perticari, C. Piccinetti, G. Ovando, S. Urquiaga // Plant and Soil. – 2015. – Vol. 392. – № 1-2. – Pp. 239–252.

468. Cook, R.L. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in southern Illinois / R.L. Cook, A. Trlica // Agronomy Journal. – 2016. – Vol. 108. – № 1. – Pp. 415–426.

469. Cooper, R.L. A delayed flowering barrier to higher soybean yields / R.L. Cooper // Field Crops Research. – 2003. – Vol. 82. – № 1. – Pp. 27–35.

470. De Bruin, J.L. Growth, yield, and yield component changes among old and new soybean cultivars / J.L. De Bruin, P. Pedersen // Agronomy Journal. – 2009. – Vol. 101. – P.123–130.

471. Desclaux, D. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress / D. Desclaux, T.T. Huynh, P. Roumet // Crop Science. – 2000. – Vol. 40. – № 3. – Pp. 716–722.

472. Djanaguiraman, M. High day- or nighttime temperature alters leaf assimilation, reproductive success, and phosphatidic acid of pollen grain in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) / M. Djanaguiraman, P.V.V. Prasad, W.T. Schapaugh // Crop Science. – 2013. – Vol. 53. – № 4. – Pp. 1594–1604.

473. Djanaguiraman, M. High-temperature stress and soybean leaves: leaf anatomy and photosynthesis / M. Djanaguiraman, P.V.V. Prasad, W.T. Schapaugh, D.L. Boyle // *Crop Science*. – 2011. – Vol. 51. – № 5. – Pp. 2125–2131.

474. Djanaguiraman, M. Reproductive success of soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars and exotic lines under high daytime temperature / M. Djanaguiraman, W. Schapaugh, P.V.V. Prasad, F. Fritschi, H. Nguyen // *Plant, Cell & Environment*. – 2019. – Vol. 42. – № S1–2. – Pp. 321–336.

475. Dong, T. Evaluation of chlorophyll-related vegetation indices using simulated sentinel-2 data for estimation of crop fraction of absorbed photosynthetically active radiation / T. Dong, J. Meng, B. Wu, J. Shang, J. Liu // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. – 2015. – Vol. 8. – № 8. – Pp. 4049–4059.

476. Dong, T. Modified vegetation indices for estimating crop fraction of absorbed photosynthetically active radiation / T. Dong, J. Meng, B. Wu, J. Shang, J. Liu, T. Huffman // *International Journal of Remote Sensing*. – 2015. – Vol. 36. – № 12. – Pp. 3097–3113.

477. Dontsova, Y.I. Variability of yield of soybean samples in the conditions of southern Ukraine / Y.I. Dontsova, Y.O. Makhno, N.F. Grigorchuk, O.V. Yakubenko // *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. – 2019. – № 27 (27). – Pp. 51–58.

478. Dozorov, A.V. Photosynthesis productivity of soybean / A.V. Dozorov, A.Yu. Naumov, Yu.M. Rakhimova, T.A. Dozorova // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2016. – Vol. 7. – № 5. – Pp. 2706–2713.

479. Dozorov, A.V. Symbiotic and photosynthetic activity of soybean in case of application of different herbicides and soil tillage methods / A.V. Dozorov, A.Yu. Naumov, Yu.M. Rakhimova, T.A. Dozorova // *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*. – 2017. – Vol. 19. – № 2. – Pp. 461–465.

480. Dozorov A.V., Rakhimova Y.M., Dozorova N.A. Photosynthetic activity and economic efficiency of cultivation of soybean with the use of various herbicides and techniques of primary tillage / *News of Science and Education*. – 2014. – № 13. – Pp. 56–60.

481. Duke, S.H. Low root temperature effects on soybean nitrogen metabolism and photosynthesis / S.H. Duke, L.E. Schrader, C.A. Henson, J.C. Servaites, R.D. Vogelzang, J.W. Pendleton // *Plant Physiology*. – 1979. – Vol. 63. – № 6. – Pp. 956–962.

482. Dusenge, M.E. Plant carbon metabolism and climate change: elevated CO₂ and temperature impacts on photosynthesis, photorespiration and respiration / M.E. Dusenge, A.G. Duarte, D.A. Way // *New Phytologist*. – 2019. – Vol. 221. – № 1. – Pp. 32–49.

483. Edgar, R. Contribuição relativa da temperatura do ar no desenvolvimento de trks cultivares de soja / R. Edgar, A.V. Clovis // *Agrometeorologia*. – 2002. – Vol. 10. – № 1. – Pp. 97–104.

484. Egli, D.B. Cultivar maturity and potential yield of soybean / D.B. Egli // *Field Crops Research*. – 1993. – Vol. 32. – Pp. 147–158.

485. Egli, D.B. Cultivar maturity and response of soybean to shade stress during seed filling / D.B. Egli // *Field Crops Research*. – 1997. – Vol. 52. – № 1–2. – Pp. 1–8.

486. Egli, D.B. Factors associated with reduced yield of delayed plantings of soybeans / D.B. Egli // *Crop Science*. – 1987. – Vol. 159. – Pp. 176–185.

487. Egli, D.B. Plant density and soybean yield / D.B. Egli // *Crop Science*. – 1988. – Vol. 28. – Pp. 977–981.

488. Egli, D.B. Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set / D.B. Egli // *Crop Science*. – 2010. – Vol. 50. – P. 1971–1977.

489. Egli, D.B. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean / D.B. Egli, R.D. Guffy, J.E. Leggett // *Agronomy Journal*. – 1985. – Vol. 77. – Pp. 917–922.

490. Egli, D.B. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean / D.B. Egli, Z.W. Yu // *Crop Science*. – 1991. – Vol. 31. – P. 439–442.
491. Ehrmann, J. Plant: soil interactions in temperate multi-cropping production systems / J. Ehrmann, K. Ritz // *Plant and Soil*. – 2014. – Vol. 376. – № 1.
492. Eulenstein, F. Trends of soybean yields under climate change scenarios / F. Eulenstein, M. Lana, M. Tauschke, A. Behrend, A. Sheudzhen, S. Schlindwein, E. Guevara, S. Meira // *Horticulturae*. – 2017. – Vol. 3. – № 1. – Pp. 10.
493. Farooq, M. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases / M. Farooq, F. Nadeem, A. Ullah, K.H.M. Siddique, S.S. Alghamdi, N. Gogoi, H. Nayyar // *Crop and Pasture Science*. – 2017. – Vol. 68. – № 10–11. – Pp. 985–1005.
494. Fehr, W.R. Soybeans having low linolenic acid content and method of production / W.R. Fehr, E.G. Hammond // *Biotechnology Advances*. – 1997. – Vol. 15. – № 1. – Pp. 275–276.
495. Fehr, W.R. Soybean. Principles of Cultivar Development / W.R. Fehr, H.J. Jessen – 1987 – Vol. 2. – *Crop Science*. – Pp. 533–577.
496. Ferris, R. Recovery of photosynthesis after environmental stress in soybean grown under elevated CO₂ / R. Ferris, T.R. Wheeler, P. Hadley, R.H. Ellis // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – № 4. – Pp. 948–955.
497. Filho, O.G. Geostatistical analysis of crop yield maps in a long term no tillage system / O.G. Filho, S.R. Vieira, M.K. Chiba, C.R. Grego // *Bragantia*. – 2010. – Vol. 69. – № Suppl. – Pp. 9–18.
498. Gan, Y. Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N₂ fixation and yield of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Genotypes / Y. Gan, I. Stulen, H. van Keulen, P.J.C. Kuiper // *Field Crops Research*. – 2003. – Vol. 80. – № 2. – Pp. 147–155.

499. Gan, Y. Physiological response of soybean genotypes to plant density / Y. Gan, I. Stulen, H. van Keulen, P.J.C. Kuiper // *Field Crops Research*. – 2002. – Vol. 74. – № 2–3. – Pp. 231–241.
500. Gay, S. Physiological aspects of yield improvement in soybeans / S. Gay, D.B. Egley, D.A. Reicosky // *Agronomy Journal*. – 1980. – Vol. 72. – Pp. 387–391.
501. Gogoi, N. Thermal stress impacts on reproductive development and grain yield in grain legumes / N. Gogoi, B. Baroowa, S. Paul, N. Bharadwaj, M. Farooq, S. Barthakur, S. Ramanjulu // *Journal of Plant Biology*. – 2018. – Vol. 61. – № 5. – Pp. 265–291.
502. Harazono, Y. Photosynthesis rate distribution and light use efficiency within a soybean canopy determined by numerical simulation with the neo soil-plant-atmosphere model / Y. Harazono, M. Yoshimoto, T. Kawamura // *Journal of Agricultural Meteorology*. – 1996. – Vol. 52. – № 4. – Pp. 281–291.
503. Haskett, J.D. Effect of climate and atmospheric change on soybean water stress: a study of Iowa / J.D. Haskett, Y.A. Pachepsky, B. Acock // *Ecological Modelling*. – 2000. – Vol. 135. – № 2–3. – Pp. 265–277.
504. Heinemann, A.B. The impact of potential errors in rainfall observation on the simulation of crop growth, development and yield / A.B. Heinemann, G. Hoogenboom, B. Chojnicki // *Ecological Modelling*. – 2002. – Vol. 157. – № 1. – Pp. 1–21.
505. Hoyos-Villegas, V. Relationships among vegetation indices derived from aerial photographs and soybean growth and yield / V. Hoyos-Villegas, F.B. Fritschi // *Crop Science*. – 2013. – Vol. 53. – № 6. – Pp. 2631–2642.
506. Hungria, M. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars / M. Hungria, T.R.J. Bohrer // *Biology and Fertility of Soils*. – 2000. – Vol. 31. – № 1. – Pp. 0045–0052.
507. Iizumi, T. Global crop yield forecasting using seasonal climate information from a multi-model ensemble / T. Iizumi, W. Kim, Y. Shin, M. Kim, J. Choi // *Climate Services*. – 2018. – Vol. 11. – Pp. 13–23.

508. Iizumi, T. Changes in yield variability of major crops for 1981–2010 explained by climate change / T. Iizumi, N. Ramankutty // *Environmental Research Letters*. – 2016. – Vol. 11. – № 3. – Pp. 034003.

509. Iizumi, T. Responses of crop yield growth to global temperature and socioeconomic changes / T. Iizumi, Z. Shen, W. Kim, M. Nishimori, J. Furuya, M. Okada, S. Fujimori, T. Hasegawa // *Scientific Reports*. – 2017. – Vol. 7. – № 1. – Pp. 7800.

510. Iturralde, E.T. Soybean-nodulating strains with low intrinsic competitiveness for nodulation, good symbiotic performance, and stress-tolerance isolated from soybean-cropped soils in Argentina / E.T. Iturralde, J.M. Covelli, F. Alvarez, J. Pérez-Giménez, A.R. Lodeiro, C. Arrese-Igor // *Frontiers in Microbiology*. – 2019. – Vol. 10. – May. – Pp. 1061.

511. Jiang, H. Soybean seed number and crop growth rate during flowering / H. Jiang, D.B. Egli // *Agronomy Journal*. – 1995. – Vol. 87. – Pp. 264–267.

512. Jiang, H. The cause of the difference in leaf net photosynthetic rate between two soybean cultivars / H. Jiang, Da.Q. Xu // *Photosynthetica*. – 2001. – Vol. 39. – № 3. – Pp. 453–459.

513. Jumrani, K. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean / K. Jumrani, V.S. Bhatia // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. – 2019. – Vol. 25. – № 3. – Pp. 667–681.

514. Jumrani, K. Impact of elevated temperatures on specific leaf weight, stomatal density, photosynthesis and chlorophyll fluorescence in soybean / K. Jumrani, G.P. Pandey, V.S. Bhatia // *Photosynthesis Research*. – 2017. – Vol. 131. – № 3. – Pp. 333–350.

515. Kahlon, C.S. An analysis of yield component changes for new vs. old soybean cultivars / C.S. Kahlon, J.E. Board, M.S. Kang // *Agronomy Journal*. – 2011. – Vol. 103. – P. 13–22.

516. Kang, Y. How universal is the relationship between remotely sensed vegetation indices and crop leaf area index? A global assessment / Y. Kang, M.

Özdoğan, S.C. Zipper, S.P. Loheide, M.O. Román, J. Walker, S.Y. Hong, M. Marshall, V. Magliulo, J. Moreno, L. Alonso, A. Miyata, B. Kimball // *Remote Sensing*. – 2016. – Vol. 8. – № 7. – Pp. 597.

517. Kantolic, A.G. Development and Seed Number in Indeterminate Soybean as Affected by Timing and Duration of Exposure to Long Photoperiods after Flowering / A.G. Kantolic, G.A. Slafer // *Annals of Botany*. – 2007. – Vol. 99(5). – P. 925–933.

518. Kantolic, A.G. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars / A.G. Kantolic, G.A. Slafer // *Field Crops Research*. – 2001. – Vol. 72. – № 2. – Pp. 109–118.

519. Kelley, K.W. Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties / K.W. Kelley, J.H. Long, T.C. Todd // *Field Crops Research*. – 2003. – Vol. 83. – № 1. – Pp. 41–50.

520. Knott, C. Early planting dates maximize soybean yield in Kentucky / C. Knott, J. Herbek, J. James // *Crop, Forage and Turfgrass Management*. – 2019. – Vol. 5. – № 1. – Pp. 18–85.

521. Kocira, S. Modeling biometric traits, yield and nutritional and antioxidant properties of seeds of three soybean cultivars through the application of biostimulant containing seaweed and amino acids / S. Kocira, M. Koszel, A. Szparaga, A. Kocira, E. Czerwińska, A. Wójtowicz, U. Bronowicka-Mielniczuk, P. Findura // *Frontiers in Plant Science*. – 2018. – Vol. 9. – Pp. 388.

522. Koesmaryono, Y. Photosynthetic and transpiration rates of soybean as affected by different irradiances during growth / Y. Koesmaryono, H. Sugimoto, D. Ito, T. Haseba, T. Sato // *Photosynthetica*. – 1998. – Vol. 35. – № 4. – Pp. 573–578.

523. Kovar, M. Evaluation of hyperspectral reflectance parameters to assess the leafwater content in soybean / M. Kovar, M. Brestic, O. Sytar, M. Zivcak, V. Barek, P. Hauptvogel // *Water (Switzerland)*. – 2019. – Vol. 11. – № 3. – Pp. 443.

524. Lal, R. Enhancing eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration / R. Lal // *Crop Science*. – 2010. – Vol. 50. – Pp. 120–131.

525. Lansing, A.J. The paraveinal mesophyll: a specialized path for intermediary transfer of assimilates in legume leaves / A.J. Lansing, V.R. Franceschi // *Australian Journal Plant Physiology*. – 2000. – Vol. 27. – Pp. 757–767.

526. Lauer, M.J. Soybean leaf photosynthetic response to changing sink demand / M.J. Lauer, R. Shibles // *Crop Science*. – 1987. – Vol. 27. – Pp. 1197–1201.

527. Leng, G. The role of climate covariability on crop yields in the conterminous United States / G. Leng, X. Zhang, G.R. Asrar, M. Huang, L.R. Leung // *Scientific Reports*. – 2016. – Vol. 6. – Pp. 33160.

528. Li, M. Identifying the metabolomics and physiological differences among soja in the early flowering stage / M. Li, Y. Liu, S. Wang, A. Ullah, L. Shi, J. Xu, R. Guo, H. Wang // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2019. – Vol. 139. – Pp. 82–91.

529. Linkemer, G. Waterlogging effects on growth and yield components in late-planted soybean / G. Linkemer, Ja.E. Board, M.E. Musgrave // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – № 6. – Pp. 1576–1584.

530. Liu, L. Real-time monitoring of crop phenology in the midwestern united states using viirs observations / L. Liu, X. Zhang, Y. Yu, F. Gao, Z. Yang // *Remote Sensing*. – 2018. – Vol. 10. – № 10. – Pp. 1540.

531. Liu, Y. Heat stress in legume seed setting: effects, causes, and future prospects / Y. Liu, J. Li, Y. Zhu, Y. Song, A. Jones, R.J. Rose // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. – Vol. 10. – Jan. – Pp. 938.

532. López-García, S.L. In-furrow inoculation and selection for higher motility enhances the efficacy of bradyrhizobium japonicum nodulation / S.L. López-García, M.J. Althabegoiti, E.J. Mongiardini, J. Pérez-Giménez, J.I. Quelas, A.R. Lodeiro, A. Peticari, C. Piccinetti, L. Ventimiglia, N. Arias, J.J. De Battista // *Agronomy Journal*. – 2009. – Vol. 101. – № 2. – Pp. 357–363.

533. Lybbert, T.J. Weather shocks and inter-hemispheric supply responses: implications for climate change effects on global food markets / T.J. Lybbert, A. Smith, D.A. Sumner // *Climate Change Economics*. – 2014. – Vol. 5. – № 4. – Pp. 1450010.

534. Martin, N.F. Relationship between secondary variables and soybean oil and protein concentration / N.F. Martin, A.G. Bollero, D.G. Bullock // *Transactions of the ASABE*. – 2007. – Vol. 50. – № 4. – Pp. 1271–1278.

535. Miller, J.J. Characterizing soybean vigor and productivity using multiple crop canopy sensor readings / J.J. Miller, N.J. Arneson, L.J. Giesler, J.S. Schepers, C.A. Shapiro, M.C. Oliveira, K.M. Eskridge // *Field Crops Research*. – 2018. – Vol. 216. – Pp. 22–31.

536. Minoli, S. Modelling cropping periods of grain crops at the global scale / S. Minoli, S. Rolinski, C. Müller, D.B. Egli // *Global and Planetary Change*. – 2019. – Vol. 174. – Pp. 35–46.

537. Mistry, M.N. Simulated vs. Empirical weather responsiveness of crop yields: US evidence and implications for the agricultural impacts of climate change / M.N. Mistry, E. De Cian, I. Sue Wing // *Environmental Research Letters*. – 2017. – Vol. 12. – № 7. – Pp. 075007.

538. Modi, A.T. Crop physiology: a perspective for Southern Africa / A.T. Modi, P.L. Greenfield // *South African Journal of Plant and Soil*. – 2010. – Vol. 27. – № 1. – Pp. 37–48.

539. Mourtzinis, S. The use of reflectance data for in-season soybean yield prediction / S. Mourtzinis, S.C. Rowntree, V.M. Davis, S.P. Conley, J.J. Suhre, B.W. Diers, N.H. Weidenbenner, S.L. Naeve, E.W. Wilson, S.N. Casteel, P.D., J.E. Esker Specht // *Agronomy Journal*. – 2014. – Vol. 106. – № 4. – Pp. 1159–1168.

540. Muchow, R.C. Canopy development in grain legumes grown under different soil water regimes in a semi-arid tropical environment / R.C. Muchow // *Field Crops Research*. – 1985. – Vol. 11. – Pp. 99–109.

541. Nagel, L. Cytokinin regulation of flower and pod set in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) / L. Nagel, R. Brewster, W.E. Riedell, R.N. Reese // *Annals of Botany*. – 2001. – Vol. 88. – № 1. – Pp. 27.

542. Narvel, Ja.M. Development of multiplex sets of simple sequence repeat DNA markers covering the soybean genome / Ja.M. Narvel, W.Ch. Chu, W.R. Fehr, P.B. Cregan, R.C. Shoemaker // *Molecular Breeding*. – 2000. – Vol. 6. – № 2. – Pp. 175–183.

543. Narvel, Ja.M. Analysis of soybean seed lipoxygenases / Ja.M. Narvel, W.R. Fehr // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – № 3. – Pp. 838–840.

544. Narvel, Ja.M. Inheritance of elevated palmitate in soybean seed oil / Ja.M. Narvel, W.R. Fehr, Ja. Ininda, G.A. Welke, E.G. Hammond, D.N. Duvick, S.R. Cianzio // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – № 3. – Pp. 635–639.

545. Narvel, Ja.M. Agronomic and seed traits of soybean lines lacking seed lipoxygenases / Ja.M. Narvel, W.R. Fehr, G.A. Welke // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – № 4. – Pp. 926–928.

546. Nguy-Robertson, A. Green leaf area index estimation in maize and soybean: combining vegetation indices to achieve maximal sensitivity / A. Nguy-Robertson, A. Gitelson, Y. Peng, D. Rundquist, A. Viña, T. Arkebauer // *Agronomy Journal*. – 2012. – Vol. 104. – № 5. – Pp. 1336–1347.

547. Nguy-Robertson, A. Modeling gross primary production of maize and soybean croplands using light quality, temperature, water stress, and phenology / A. Nguy-Robertson, A. Suyker, X. Xiao // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2015. – Vol. 213. – Pp. 160–172.

548. Novikova, L.Y. Model parameterization: the timing of flowering in soybean accessions / L.Y. Novikova, K.N. Kozlov, I.V. Seferova // *Biophysics*. – 2018. – Vol. 63. – № 6. – Pp. 956–958.

549. Paradiso, R. Changes in leaf anatomical traits enhanced photosynthetic activity of soybean grown in hydroponics with plant growth-promoting microorganisms / R. Paradiso, V. De Micco, M. Giordano, G. Aronne,

S. De Pascale, C. Arena // *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 8. – Mar. – Pp. 674.

550. Peña-Gallardo, M. Response of crop yield to different time-scales of drought in the united states: spatio-temporal patterns and climatic and environmental drivers / M. Peña-Gallardo, S.M. Vicente-Serrano, N. Martín-Hernández, F. Domínguez-Castro, A. El Kenawy, S. Quiring, M. Svoboda, J. Hannaford, M. Tomas-Burguera // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2019. – Vol. 264. – Pp. 40–55.

551. Penalba, O.C. The impact of climate variability on soybean yields in Argentina. Multivariate regression / O.C. Penalba, M.L. Bettolli, W.M. Vargas // *Meteorological Applications*. – 2007. – Vol. 14. – № 1. – Pp. 3–14.

552. Piper, E.L. The role of daily minimum temperature in modulating the development rate to flowering in soybean / E.L. Piper, M.A. Smit, K.J. Boote, J.W. Jones // *Field Crops Research*. – 1996. – Vol. 47. – № 2–3. – Pp. 211–220.

553. Porwollik, V. Spatial and temporal uncertainty of crop yield aggregations / V. Porwollik, C. Müller, J. Elliott, A.C. Ruane, D. Deryng, J. Chryssanthacopoulos, T. Iizumi, G. Sakurai, D.K. Ray, A. Arneth, T.A.M. Pugh, J. Balkovič, C. Folberth, N. Khabarov, P. Ciais, X. Wang, X. Wu, R.C. Izaurralde, C.D. Jones, A. Reddy et al. // *European Journal of Agronomy*. – 2017. – Vol. 88. – Pp. 10–21.

554. Prochazka, P. Effects of biologically active substances used in soybean seed treatment on oil, protein and fibre content of harvested seeds / P. Prochazka, P. Stranc, K. Pazderu, J. Stranc, J. Vostrel // *Plant Soil Environ*. – 2017. – Vol. 63. – № 12. – Pp. 564–568.

555. Purcell, L.C. Soybean canopy coverage and light interception measurements using digital imagery / L.C. Purcell // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – № 3. – Pp. 834–837.

556. Qin, J. Itraq-based analysis of developmental dynamics in the soybean leaf proteome reveals pathways associated with leaf photosynthetic rate / J. Qin, F. Wang, M. Zhang, J. Xu, J. Zhang, D. Liu, C. Yin, H. Chen, P. Chen, J. Ma, B.

Zhang // *Molecular Genetics and Genomics*. – 2016. – Vol. 291. – № 4. – Pp. 1595–1605.

557. Ramirez-Villegas, J. Assessing uncertainty and complexity in regional-scale crop model simulations / J. Ramirez-Villegas, A.-K. Koehler, A.J. Challinor // *European Journal of Agronomy*. – 2017. – Vol. 88. – Pp. 84–95.

558. Ray, D.K. Climate variation explains a third of global crop yield variability / D.K. Ray, J.S. Gerber, G.K. Macdonald, P.C. West // *Nature Communications*. – 2015. – Vol. 6. – Pp. 6989.

559. Rebetzke, G.J. Changes in agronomic and seed characteristics with selection for reduced palmitic acid content in soybean / G.J. Rebetzke, J.W. Burton, Jr.T.E. Carter, R.F. Wilson // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – № 2. – Pp. 0297–0302.

560. Ren, C. Composition, vigor, and proteome of mature soybean seeds developed under high temperature / C. Ren, K.D. Bilyeu, P.R. Beuselinck // *Crop Science*. – 2009. – Vol. 49. – № 3. – Pp. 1010–1022.

561. Ross, A.J. Agronomic and seed traits of 1%-linolenate soybean genotypes / A.J. Ross, W.R. Fehr, G.A. Welke, S.R. Cianzio // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – № 2. – Pp. 383–388.

562. Santachiara, G. Nutritional and environmental effects on biological nitrogen fixation in soybean: a meta-analysis / G. Santachiara, J.L. Rotundo, F. Salvagiotti // *Field Crops Research*. – 2019. – Vol. 240. – Pp. 106–115.

563. Schauberger, B. Global evaluation of a semiempirical model for yield anomalies and application to within-season yield forecasting / B. Schauberger, C. Gornott, F. Wechsung // *Global Change Biology*. – 2017. – Vol. 23. – № 11. – Pp. 4750–4764.

564. Sehgal, A. Drought or/and heat-stress effects on seed filling in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality / A. Sehgal, K. Sita, H. Nayyar, K.H.M. Siddique, R. Kumar, S. Bhogireddy, R.K. Varshney, B. HanumanthaRao, R.M. Nair, P.V.V. Prasad // *Frontiers in Plant Science*. – 2018. – Vol. 871. – Pp. 1705.

565. Sharifi, R.S. Integrated fertilization systems effects on yield, nodulation state and fatty acids composition of soybean (*Glycine max*) / R.S. Sharifi, S.M. Abtahi, P. Ghaseminejad // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 2016. – Vol. 86. – № 8. – Pp. 1010–1015.

566. Shiratsuchi, L. Water and nitrogen effects on active canopy sensor vegetation indices / L. Shiratsuchi, R. Ferguson, J. Shanahan, V. Adamchuk, D. Rundquist, D. Marx, G. Slater // *Agronomy Journal*. – 2011. – Vol. 103. – № 6. – Pp. 1815–1826.

567. Siczek, A. Soybean nodulation and nitrogen fixation in response to soil compaction and surface straw mulching / A. Siczek, J. Lipiec // *Soil & Tillage Research*. – 2011. – Vol. 114. – № 1. – Pp. 50–56.

568. Sinclair, T.R. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A review / T.R. Sinclair, T. Horie // *Crop Science*. – 1989. – Vol. 29. – Pp. 90–98.

569. Sinclair, T.R. Relative sensitivity of nitrogen and biomass accumulation of drought in field-grown soybean / T.R. Sinclair, R.C. Muchow, J.M. Bennett, L.C. Hammond // *Agronomy Journal*. – 1987. – Vol. 79. – Pp. 986–991.

570. Sita, K. Food legumes and rising temperatures: effects, adaptive functional mechanisms specific to reproductive growth stage and strategies to improve heat tolerance / K. Sita, A. Sehgal, H. Nayyar, B. Hanumantharao, R.M. Nair, P.V. Vara Prasad, S. Kumar, P.M. Gaur, R.K. Varshney, M. Farooq, K.H.M. Siddique // *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 8. – № Mar. – Pp. 1658.

571. Slafer, G.A. Genetic and environmental effects on crop development determining adaptation and yield / G.A. Slafer, R. Savin, A.G. Kantolic, M.L. Appendino, D.J. Miralles, G. Tranquilli // *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy: Second Edition*, 2014. – Pp. 285–319.

572. Slattery, R.A. Photosynthesis, light use efficiency, and yield of reduced-chlorophyll soybean mutants in field conditions / R.A. Slattery, C.J.

Bernacchi, D.R. Ort, A. Vanlooche, X.-G. Zhu // *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 8. – № Mar. – Pp. 549.

573. Sloan, R.L. Field drought tolerance of a soybean plant introduction / R.L. Sloan, R.P. Patterson, T.E. Carter // *Crop Science*. – 1990. – Vol. 30. – Pp. 118–123.

574. Song, W. Standard cultivar selection and digital quantification for precise classification of maturity groups in soybean / W. Song, S. Sun, T. Wu, E. Sapey, B. Jiang, W. Hou, C. Wu, T. Han, S.E. Ibrahim, Z. Xu, H. Wu, X. Hu, H. Jia, Y. Cheng, Z. Yang, S. Jiang, M. Sinegovskii, V. Sinegovskaya, A. Nepomuceno, J. Gai // *Crop Science*. – 2019. – Vol. 59. – № 5. – Pp. 1997–2006.

575. Specht, J.E. Soybean yield potential—a genetic and physiological perspective / J.E. Specht, D.J. Hume, S.V. Kumudini // *Crop Science*. – 1999. – Vol. 39. – № 6. – Pp. 1560–1570.

576. Stoltzfus, D.L. A *fap5* allele for elevated palmitate in soybean / D.L. Stoltzfus, W.R. Fehr, G.A. Welke, E.G. Hammond, S.R. Cianzio // *Crop Science*. – 2000. – Vol. 40. – № 3. – Pp. 647–650.

577. Subrahmanyam, D. Interrelationship between leaf gas-exchange characteristics, area leaf mass, and yield in soybean (*Glycine max* L. Merr) genotypes / D. Subrahmanyam // *Photosynthetica*. – 2002. – Vol. 40. – № 3. – Pp. 441–444.

578. Sun, Q. Global heat stress on health, wildfires, and agricultural crops under different levels of climate warming / Q. Sun, C. Miao, Q. Duan, M. Hanel, A.G.L. Borthwick, D. Ji, H. Li // *Environment International*. – 2019. – Vol. 128. – Pp. 125–136.

579. Sytnikov, D.M. Productivity of soybean-rhizobium symbiosis after modification of root nodule bacteria activity with exogenous proteins / D.M. Sytnikov, D.A. Kirizii, S.M. Malichenko, S.Ya. Kots' // *Russian Journal of Plant Physiology*. – 2007. – Vol. 54. – № 3. – Pp. 366–372.

580. Szparaga, A. Modification of growth, yield, and the nutraceutical and antioxidative potential of soybean through the use of synthetic biostimulants / A.

Szparaga, S. Kocira, E. Lorencowicz, M. Koszel, A. Kocira, R. Kornas, E. Czerwińska, M. Świeca, T. Oniszczyk // *Frontiers in Plant Science*. – 2018. – Vol. 871. – Pp. 1401.

581. Taichibekov, A.U. Soybean crop depending on the photosynthetic activity / A.U. Taichibekov, Zh.S. Tuleubaev, B.S. Tol'taeva, Zh.S. Dyusenbaeva, A.A. Muratalieva // *Russian Journal of Biological Research*. – 2015. – T. 4. – № 2. – C. 107–112.

582. Tamagno, S. Nutrient partitioning and stoichiometry in soybean: a synthesis-analysis / S. Tamagno, G.R. Balboa, Y. Assefa, I.A. Ciampitti, P. Kovács, S.N. Casteel, F. Salvagiotti, F.O. García, W.M. Stewart // *Field Crops Research*. – 2017. – Vol. 200. – Pp. 18–27.

583. Thorne, J. Changing sugar distribution for increased soybean yields / J. Thorne // *Frontiers in Plant Science*. – 1978. – Vol. 31. – № 1. – Pp. 2–3.

584. Valliyodan, B. Genetic diversity and genomic strategies for improving drought and waterlogging tolerance in soybeans / B. Valliyodan, H. Ye, L. Song, M. Murphy, H.T. Nguyen, J. Grover Shannon // *Journal of Experimental Botany*. – 2017. – Vol. 68. – № 8. – Pp. 1835–1849.

585. Velasco, L. Breeding oilseed crops for improved oil quality / L. Velasco, J.M. Fernández-Martínez // *Journal of Crop Production*. – 2002. – Vol. 5. – № 1–2. – Pp. 309–344.

586. Vico, G. Can leaf net photosynthesis acclimate to rising and more variable temperatures? / G. Vico, D.A. Way, V. Hurry, S. Manzoni // *Plant, Cell & Environment*. – 2019. – Vol. 42. – № 6. – Pp. 1913–1928.

587. Vital, R.G. Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature / R.G. Vital, C. Müller, P.F. Batista, A.C. Costa, F.B. da Silva, A. Merchant, D. Fuentes, A.A. Rodrigues // *Agronomy*. – 2019. – Vol. 9. – № 8. – Pp. 0412.

588. Walker, Ja.B. Reduced-linolenate content associations with agronomic and seed traits of soybean / Ja.B. Walker, W.R. Fehr, G.A. Welke, E.G. Hammond,

D.N. Duvick, S.R. Cianzio // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – № 2. – Pp. 0352–0355.

589. Wang, L. Comparative proteomics analysis reveals the mechanism of pre-harvest seed deterioration of soybean under high temperature and humidity stress / L. Wang, H. Ma, L. Song, Y. Shu, W. Gu // *Journal of Proteomics*. – 2012. – Vol. 75. – № 7. – Pp. 2109–2127.

590. Wang, Z. Testing for early photoperiod insensitivity in soybean / Z. Wang, V.R. Reddy, M.C. Acock // *Agronomy Journal*. – 1998. – Vol. 90. – Pp. 389–392.

591. Watson, D.J. Analysis of growth and yield of winter and spring wheat / D.J. Watson, G.N. Thorne, S.A.W. French // *Annals of Botany*. – 1963. – Vol. 27. – Pp. 1–22.

592. Watson, D.J. The dependence of heart assimilation rate on leaf area index / D.J. Watson // *Annals of Botany*. – 1958. – Vol. 22. – № 41. – P. 37–54.

593. Weller, J.L. Genetic control of flowering time in legumes / J.L. Weller, R. Ortega // *Frontiers in Plant Science*. – 2015. – Vol. 6. – № Apr. – Pp. 207.

594. Wells, R. Dynamics of soybeans growth variable planting patterns / R. Wells // *Agronomy Journal*. – Vol. 85. – 1993. – Pp. 44–48.

595. Wells, R. Soybean growth responses in plant density: Relationships among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception / R. Wells // *Crop Science*. – 1991. – Vol. 31. – Pp. 755–761.

596. Wijewardana, C. Physiological assessment of water deficit in soybean using midday leaf water potential and spectral features / C. Wijewardana, F.A. Alsajri, J.T. Irby, W.B. Henry, K.R. Reddy, L.J. Krutz, B. Golden, W. Gao // *Journal of Plant Interactions*. – 2019. – Vol. 14. – № 1. – Pp. 533–543.

597. Wittenbach, V.A. Changes in photosynthesis, ribulose biphosphate carboxylase, proteolytic activity and ultrastructure of soybean leaves during senescence / V.A. Wittenbach, R.C. Ackerson, R.T. Giaquinta, R.R. Hebert // *Crop Science*. – 1980. – Vol. 20. – P. 225–231.

598. Wortmann, C.S. Annual soil improving legumes: agronomic effectiveness, nutrient uptake, nitrogen fixation and water use / C.S. Wortmann, B.D. McIntyre, C.K. Kaizzi // *Field Crops Research*. – 2000. – Vol. 68. – № 1. – Pp. 75–83.

599. Yang, J. Predicting soybean yield in a dry and wet year using a soil productivity index / J. Yang, R.D. Hammer, A.L. Thompson, R.W. Blanchar // *Plant and Soil*. – 2003. – Vol. 250. – № 2. – Pp. 175–182.

600. Yang, W. Critical photoperiod measurement of soybean genotypes in different maturity groups / W. Yang, T. Wu, X. Zhang, W. Song, C. Xu, S. Sun, W. Hou, B. Jiang, T. Han, C. Wu // *Crop Science*. – 2019. – Vol. 59. – № 5. – Pp. 2055–2061.

601. Yanqun, Z. Intraspecific differences in physiological response of 20 soybean cultivars to enhanced ultraviolet-b radiation under field conditions / Z. Yanqun, L. Yuan, C. Haiyan, C. Jianjun // *Environmental and Experimental Botany*. – 2003. – Vol. 50. – № 1. – Pp. 87–97.

602. Yao, X. Effect of shade on leaf photosynthetic capacity, light-intercepting, electron transfer and energy distribution of soybeans / X. Yao, C. Li, S. Li, Q. Zhu, H. Zhang, H. Wang, C. Yu, F. Xie, S.K. St. Martin // *Plant Growth Regulation*. – 2017. – Vol. 83. – № 3. – Pp. 409–416.

603. Yuan, L. Intraspecific responses in crop growth and yield of 20 soybean cultivars to enhanced ultraviolet-b radiation under field conditions / L. Yuan, Z. Yanqun, C. Jianjun, C. Haiyan // *Field Crops Research*. – 2002. – Vol. 78. – № 1. – Pp. 1–8.

604. Zhang, L. Effects of Photoperiod on Growth and Development of Soybean Floral Bud in Different Maturity / L. Zhang, R. Wang, J.D. Hesketh // *Agronomy Journal*. – 2001. – Vol. 93. – P. 944–948.

605. Zheng, H.F. The effects of global warming on soybean yields in a long-term fertilization experiment in northeast China / H.F. Zheng, L.D. Chen, X.Z. Han // *The Journal of Agricultural Science*. – 2009. – Vol. 147. – № 5. – Pp. 569–580.

606. Zipper, S.C. Drought effects on US maize and soybean production: spatiotemporal patterns and historical changes / S.C. Zipper, J. Qiu, C.J. Kucharik // *Environmental Research Letters*. – 2016. – Vol. 11. – № 9. – Pp. 094021.

607. Ziska L.H., Bunce Ja.A. Growth and photosynthetic response of three soybean cultivars to simultaneous increases in growth temperature and CO₂ // *Physiologia Plantarum* / L.H. Ziska, Ja.A. Bunce. – 1995. – Vol. 94. – № 4. – Pp. 575–584.

Приложение А

Сравнительный анализ температур и осадков в вегетационные периоды 2008–2020 гг. по регионам

Год	$\Sigma T \geq 10^\circ\text{C}$	Σ осадков, мм	ГТК в среднем	$\Sigma T \geq 10^\circ\text{C}$	Σ осадков, мм	ГТК в среднем
	<i>г. Москва</i>			<i>Рязанская область</i>		
2008	1866	390,7	1,96	1824	304,0	1,53
2009	1970	266,1	1,49	2316	155,9	0,66
2010	2534	175,3	0,84	2919	135,6	0,55
2011	2341	200,8	0,95	2640	79,1	0,31
2012	2151	283,3	1,40	2473	184,5	0,83
2013	2270	337,1	1,68	2587	191,6	0,82
2014	2168	230,1	1,32	2495	174,2	0,89
2015	2072	353,5	1,44	2397	257,3	1,34
2016	2249	450,9	1,80	2568	273,7	1,16
2017	1797	393,1	1,77	2190	211,1	1,01
2018	2241	237,4	0,72	2639	134,4	0,50
2019	2088	249,7	0,92	2464	160,8	0,67
2020	1903	518,6	2,83	2332	283,2	1,50
В среднем	2127	314,4	1,47	2450	195,8	0,91

Приложение Б

Среднесуточная температура по декадам в Московской области в годы исследований
(по данным Обсерватории имени В.А. Михельсона, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Год	Декада	Месяцы				Год	Декада	Месяцы			
		Май	Июнь	Июль	Август			Май	Июнь	Июль	Август
2008	I	10,6	12,6	18,3	15,0	2015	I	11,7	17,4	20,0	19,5
	II	12,5	18,2	22,0	21,8		II	12,3	17,7	15,9	16,5
	III	11,3	16,3	17,9	16,2		III	18,3	18,7	19,0	16,8
	средн.	11,5	15,7	19,4	17,7		средн.	14,1	17,9	18,3	17,6
2009	I	14,2	16,6	15,1	16,1	2016	I	14,6	13,6	19,2	21,7
	II	11,8	17,9	21,9	16,9		II	13,0	18,4	21,6	17,9
	III	15,4	17,8	20,0	14,6		III	17,3	22,6	21,9	19,0
	средн.	13,9	17,4	18,4	15,3		средн.	15,0	18,2	20,9	19,5
2010	I	17,3	17,3	23,7	29,2	2017	I	9,69	12,4	15,0	19,9
	II	18,4	16,6	26,9	23,8		II	9,14	15,3	18,5	20,9
	III	15,4	23,5	28,8	14,6		III	13,7	15,6	20,1	15,9
	средн.	17,1	19,1	26,5	22,5		средн.	10,8	14,4	17,9	18,9
2011	I	14,1	18,6	22,0	18,5	2018	I	15,8	13,1	18,0	21,1
	II	12,2	17,7	23,1	20,7		II	16,9	17,5	22,1	19,5
	III	10,2	21,2	25,1	17,3		III	15,9	21,4	21,2	18,9
	средн.	12,2	19,2	23,4	18,8		средн.	16,2	17,3	20,4	19,8
2012	I	13,2	14,6	22,6	21,6	2019	I	13,7	21,1	16,2	14,2
	II	16,8	18,9	19,3	17,7		II	15,9	19,6	15,6	17,6
	III	15,7	18,0	21,3	14,3		III	18,9	18,1	18,3	17,3
	средн.	15,2	17,2	21,1	17,9		средн.	16,2	19,6	16,7	16,4

Продолжение приложения Б											
2013	I	13,4	18,9	21,6	20,0	2020	I	13,4	16,5	20,4	19,1
	II	20,9	19,0	19,1	18,8		II	10,6	20,8	18,0	15,6
	III	18,4	21,6	16,3	16,1		III	11,2	19,6	17,8	18,0
	средн.	17,6	19,8	19,0	18,3		средн.	11,7	19,0	18,7	17,6
2014	I	10,2	21,0	17,8	22,7	Средне- многолетние	I	10,3	15,2	18,4	17,5
	II	15,0	13,6	20,9	19,3		II	12,2	16,5	18,7	16,5
	III	20,1	13,8	22,1	14,9		III	14,0	17,5	18,4	15,2
	средн.	15,1	16,1	20,3	19,0		средн.	12,2	16,4	18,5	16,4

Приложение В

Среднесуточное количество осадков по декадам в Московской области в годы исследований
(по данным Обсерватории имени В.А. Михельсона, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Год	Декада	Месяцы				Год	Декада	Месяцы			
		Май	Июнь	Июль	Август			Май	Июнь	Июль	Август
2008	I	1,5	23,7	54,7	51,1	2015	I	21,9	0,4	23,1	2,7
	II	10,1	8,9	66,2	22,5		II	51,9	50,3	37,3	7,8
	III	49,9	34,7	14,9	50,1		III	46,3	42,0	58,5	11,3
	сумма	61,5	67,3	135,8	126,1		сумма	120,1	92,7	118,9	21,8
2009	I	0,9	32,9	59,9	30,4	2016	I	1,4	25,7	29,5	24,2
	II	24,1	14,3	12,0	25,4		II	24,0	35,5	58,8	111,1
	III	32,7	8,1	16,4	32,9		III	38,0	0,6	32,8	31,3
	сумма	57,7	55,3	64,4	88,7		сумма	101,4	61,8	121,1	166,6
2010	I	12,9	33,0	6,9	0,8	2017	I	39,2	23,4	61,2	10,9
	II	20,2	21,2	0,0	14,6		II	28,0	28,9	22,8	9,4
	III	23,2	0,0	1,2	41,3		III	15,9	86,5	19,2	48,0
	сумма	56,3	54,2	8,1	56,7		сумма	83,1	138,8	103,2	68,3
2011	I	3,7	3,0	15,3	17,4	2018	I	11,2	25,9	33,1	4,4
	II	16,6	29,0	29,5	15,3		II	49,6	11,6	42,3	15,2
	III	8,3	8,0	25,9	28,8		III	0,1	18,4	16,8	8,8
	сумма	28,6	40,0	70,7	61,5		сумма	60,9	55,9	92,2	28,4
2012	I	32,7	57,9	0,5	6,0	2019	I	36,5	0,0	8,6	42,6
	II	9,9	21,9	39,5	38,0		II	17,1	12,3	50,1	14,4
	III	11,1	11,6	12,2	42,0		III	3,1	51,9	9,8	0,0
	сумма	53,7	91,4	52,2	86,0		сумма	56,7	64,2	68,5	57,0

Продолжение приложения В											
2013	I	18,1	7,2	36,0	26,1	2020	I	22,4	63,9	57,2	1,1
	II	3,2	10,0	35,1	8,9		II	15,6	65,4	41,2	10,0
	III	71,1	31,9	46,8	42,7		III	118,2	29,9	71,1	22,8
	сумма	92,4	49,1	117,9	77,7		сумма	156,2	159,2	169,5	33,9
2014	I	17,4	13,6	4,0	23,0	Средне- многолетние	I	17,0	22,0	27,0	26,0
	II	8,2	22,5	0,0	29,0		II	18,0	23,0	28,0	27,0
	III	44,6	37,7	0,0	30,1		III	20,0	25,0	28,0	25,0
	сумма	70,2	73,8	4,0	82,1		сумма	55,0	70,0	83,0	78,0

Приложение Г

Среднесуточная температура по декадам в Рязанской области в годы исследований
(по данным метеостанции ИСА – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Год	Декада	Месяцы				Год	Декада	Месяцы			
		Май	Июнь	Июль	Август			Май	Июнь	Июль	Август
2008	I	10,0	11,7	17,5	16,2	2015	I	15,2	19,4	21,5	22,0
	II	12,8	18,2	21,8	23,3		II	14,7	20,2	17,8	18,8
	III	12,3	16,3	18,5	17,3		III	23,8	20,5	22,1	19,7
	средн.	11,7	15,4	19,3	18,9		средн.	17,9	20,0	20,5	20,2
2009	I	16,9	19,1	18,0	17,3	2016	I	17,4	15,5	22,1	25,6
	II	14,7	20,8	25,1	20,3		II	14,3	21,9	25,4	20,4
	III	17,5	19,6	22,1	16,4		III	18,1	25,1	24,3	22,0
	средн.	16,4	19,8	21,7	18,0		средн.	16,6	20,8	23,9	22,7
2010	I	21,4	20,2	25,3	31,6	2017	I	13,2	15,0	17,2	23,3
	II	20,0	19,3	28,3	25,5		II	12,1	16,5	21,6	24,3
	III	17,6	26,7	30,4	16,9		III	16,6	19,5	22,8	18,1
	средн.	19,7	22,1	28,0	24,7		средн.	14,0	17,0	20,5	21,9
2011	I	16,1	19,8	23,9	21,0	2018	I	19,9	15,1	21,2	23,9
	II	14,5	21,0	26,8	24,1		II	19,6	20,3	25,0	23,0
	III	20,3	22,7	27,4	20,4		III	18,0	25,4	23,0	24,0
	средн.	17,0	21,2	26,0	21,8		средн.	19,2	20,3	23,1	23,6
2012	I	17,0	17,2	24,2	24,8	2019	I	18,3	24,3	19,0	16,7
	II	19,4	21,8	22,3	19,7		II	18,0	22,1	19,3	20,4
	III	18,2	20,8	22,8	15,3		III	21,1	21,7	20,1	20,2
	средн.	18,2	19,9	23,1	19,9		средн.	19,1	22,7	19,5	19,1

Продолжение приложения Г											
2013	I	16,1	21,9	24,7	21,8	2020	I	14,7	18,9	24,6	21,1
	II	24,8	22,1	22,0	22,6		II	11,9	23,1	21,3	17,1
	III	21,1	23,3	17,4	18,8		III	15,5	20,6	21,7	21,5
	средн.	20,7	22,4	21,4	21,1		средн.	14,0	20,9	22,5	19,9
2014	I	12,5	24,9	22,3	24,6	Средне- многолетние	I	10,7	15,8	18,3	18,6
	II	20,7	15,5	23,5	24,3		II	12,8	16,6	18,9	16,9
	III	23,4	15,0	23,7	17,7		III	14,6	17,4	19,3	15,8
	средн.	18,9	18,5	23,2	22,2		средн.	12,7	16,6	18,8	17,1

Приложение Д

Среднесуточное количество осадков по декадам в Рязанской области в годы исследований
(по данным метеостанции ИСА – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Год	Декада	Месяцы				Год	Декада	Месяцы			
		Май	Июнь	Июль	Август			Май	Июнь	Июль	Август
2008	I	14,3	7,8	37,5	15,0	2015	I	29,0	18,1	23,8	23,8
	II	9,2	14,0	92,8	0,0		II	13,9	37,1	32,5	32,5
	III	38,7	5,1	11,3	58,9		III	4,7	71,3	10,6	10,6
	сумма	62,2	26,9	141,6	73,9		сумма	47,6	126,5	66,9	66,9
2009	I	8,9	18,4	5,4	2,1	2016	I	1,9	21,9	7,3	11,0
	II	4,5	10,8	30,4	2,4		II	36,6	17,6	26,9	72,5
	III	8,2	7,2	37,5	20,1		III	23,8	0,6	36,2	17,4
	сумма	21,6	36,4	73,3	24,6		сумма	62,3	40,1	70,4	100,9
2010	I	2,1	36,9	4,3	0	2017	I	8,0	10,0	35,0	2,3
	II	1,2	7,1	0,0	12,5		II	14,9	19,1	15,7	8,3
	III	13,0	0	24,3	34,2		III	9,3	18,1	17,8	52,6
	сумма	16,3	44,0	28,6	46,7		сумма	32,2	47,2	68,5	63,2
2011	I	3,1	8,0	1,0	1,0	2018	I	6,3	4,3	28,6	0,3
	II	7,8	7,6	2,2	2,0		II	21,3	1,8	44,7	5,9
	III	2,7	9,5	18,0	16,2		III	0,2	4,5	3,3	13,2
	сумма	13,6	25,1	21,2	19,2		сумма	27,8	10,6	76,6	19,4
2012	I	23,1	35,2	2,5	15,5	2019	I	6,6	0	10,7	12,1
	II	0	27,3	3,1	13,9		II	10,5	3,2	9,4	24,3
	III	2,2	12,4	9,5	39,8		III	30,9	35,0	18,1	0
	сумма	25,3	74,9	15,1	69,2		сумма	48,0	38,2	38,2	36,4

Продолжение приложения Д											
2013	I	9,0	5,2	0,5	19,5	2020	I	27,7	71,0	17,9	31,9
	II	1,4	11,6	11,7	11,5		II	8,1	11,7	31,2	27,6
	III	24,0	8,5	64,6	24,1		III	21,3	30,2	6,4	6,5
	сумма	34,4	25,3	76,8	55,1		сумма	57,1	112,9	55,5	66,0
2014	I	25,6	27,4	0,6	1,4	Средне- многолетние	I	11,0	16,0	20,0	21,0
	II	3,4	12,2	0,2	0,4		II	12,0	17,0	22,0	20,0
	III	7,2	69,2	0,3	26,3		III	14,0	19,0	22,0	16,0
	сумма	36,2	108,8	1,1	28,1		сумма	37,0	52,0	64,0	57,0

Приложение Е

Среднемесячные температуры и осадки, суммы температур и ГТК

Год	Температура, °С				$\sum T_{акт.}, °С$	Осадки, мм				ГТК
	май	июнь	июль	август		май	июнь	июль	август	
<i>Московская область</i>										
2008	11,7	16,6	19,3	17,1	1866	83,1	63,1	118,3	94,9	1,96
2009	13,8	17,4	19,0	16,7	1970	57,7	55,3	88,3	82,4	1,49
2010	17,0	19,1	26,5	22,5	2534	56,3	54,2	8,10	56,7	0,84
2011	14,7	18,8	23,8	18,9	2341	28,8	66,6	75,4	62,0	0,95
2012	15,3	17,1	21,0	18,1	2151	17,7	98,6	50,2	77,3	1,40
2013	17,1	20,0	19,1	18,6	2270	92,8	40,7	128,8	90,5	1,68
2014	16,0	16,3	21,2	19,5	2168	58,0	82,2	9,30	64,4	1,32
2015	14,2	17,9	18,3	17,7	2072	103,9	93,7	118,2	17,9	1,44
2016	14,9	18,2	20,9	19,5	2249	55,2	51,7	108,2	152,0	1,80
2017	11,0	14,3	17,9	18,8	1797	78,4	115,2	102,7	76,8	1,77
2018	16,1	17,2	20,3	19,8	2241	43,8	54,3	85,3	19,9	0,72
2019	16,1	19,6	16,7	16,4	2088	58,3	54,6	63,9	48,3	0,92
2020	11,7	19,0	18,7	17,6	1903	156	159	170	34,0	2,73
Ср. мн.	12,2	16,4	18,5	16,4	-	55,0	70,0	83,0	78,0	-
<i>Рязанская область</i>										
2008	11,7	15,4	19,3	18,9	1824	62,2	26,9	141,6	73,9	1,53
2009	16,4	19,8	21,7	18,0	2316	21,6	36,4	73,3	24,6	0,66
2010	19,7	22,1	28,0	24,7	2919	16,3	44,0	28,6	46,7	0,55
2011	17,0	21,2	26,0	21,8	2640	13,6	25,1	21,2	19,2	0,31
2012	18,2	19,9	23,1	19,9	2437	25,3	74,9	15,1	69,2	0,83
2013	20,7	22,4	21,4	21,1	2587	34,4	25,3	76,8	55,1	0,82

Продолжение приложения Е										
2014	18,9	18,5	23,2	22,2	2495	36,2	108,8	1,1	28,1	0,89
2015	17,9	20,0	20,5	20,2	2397	47,6	126,5	66,9	66,9	1,34
2016	16,6	20,8	23,9	22,7	2568	62,3	40,1	70,4	100,9	1,16
2017	14,0	17,0	20,5	21,9	2190	32,2	47,2	68,5	63,2	1,01
2018	19,2	20,3	23,1	23,6	2639	27,8	10,6	76,6	19,4	0,50
2019	19,1	22,7	19,5	19,1	2464	48,0	38,2	38,2	36,4	0,67
2020	13,4	18,6	22,5	19,9	2332	59,2	102,5	80,6	46,6	1,50
Ср. мн.	12,7	16,6	18,8	17,1	-	37,0	52,0	64,0	57,0	-

Приложение Ж

Динамика изменения климата в субъектах Центрального региона Нечерноземной зоны РФ
за период с 1981 по 2020 гг.

Год	Температура, °С				$\Sigma T_{акт.}$	Осадки, мм				ГТК
	май	июнь	июль	август		май	июнь	июль	август	
<i>Московская область</i>										
1981–1990	13,5	16,9	18,5	16,5	1915	43,6	89,4	94,2	78,6	1,61
1991–2000	12,4	17,6	18,7	16,5	1924	47,0	88,0	77,9	85,5	1,56
2001–2010	13,7	16,7	20,6	18,1	2052	59,7	61,6	75,0	78,2	1,39
2011–2020	14,7	17,8	19,8	18,5	2128	69,3	81,7	91,2	64,3	1,47
40-летний период	+ 1,2	+ 0,9	+ 1,3	+ 2,0	+ 213	+ 25,7	- 7,7	- 3,0	- 14,3	- 0,14
<i>Рязанская область</i>										
1981–1990	13,8	17,4	18,7	17,0	1980	36,2	92,0	104	76,7	1,61
1991–2000	13,0	17,6	18,7	16,5	1956	35,1	73,2	88,0	54,7	1,30
2001–2010	14,4	17,1	20,8	18,7	2127	37,6	51,5	74,1	52,7	1,05
2011–2020	17,5	20,1	22,4	21,2	2475	38,7	59,9	51,5	50,5	0,88
40-летний период	+ 3,7	+ 2,7	+ 3,7	+ 4,2	+ 495	+ 2,5	- 32,1	- 52,5	- 26,2	- 0,73
<i>Брянская область</i>										
1981–1990	14,1	16,7	17,8	16,7	1948	43,0	94,3	79,5	76,5	1,50
1991–2000	13,0	17,5	18,6	17,2	1973	62,4	65,7	85,0	58,9	1,38
2001–2010	14,1	17,1	20,3	18,6	2056	64,3	81,7	84,9	70,6	1,45
2011–2020	15,2	18,3	19,5	18,5	2163	69,1	72,7	78,3	50,8	1,25
40-летний период	+ 1,1	+ 1,6	+ 1,7	+ 1,8	+ 215	+ 26,1	- 21,6	- 1,2	- 25,7	- 0,25
<i>Владимирская область</i>										
1981–1990	12,7	16,5	18,3	16,2	1862	37,9	73,0	66,9	77,8	1,37

Продолжение приложения Ж										
1991–2000	12,0	17,2	18,1	16,0	1874	29,9	47,1	47,6	46,2	0,91
2001–2010	13,2	15,9	19,8	17,4	1955	51,6	83,4	57,1	53,6	1,26
2011–2020	13,9	16,8	18,9	17,4	2008	50,4	72,9	82,1	59,2	1,32
40-летний период	+ 1,2	+ 0,3	+ 0,6	+ 1,2	+ 146	+ 12,5	- 0,1	+ 15,2	- 18,6	- 0,05
<i>Ивановская область</i>										
1981–1990	8,6	16,2	18,4	15,7	1782	49,6	83,5	69,6	74,8	1,56
1991–2000	12,9	16,1	20,2	17,1	1949	56,9	70,1	78,5	65,0	1,39
2001–2010	12,9	16,1	20,2	17,1	1949	56,9	70,1	78,5	65,0	1,39
2011–2020	13,6	16,6	18,8	17,1	1978	48,5	71,8	74,7	57,5	1,28
40-летний период	+ 5,0	+ 0,4	+ 0,4	+ 1,4	+ 196	- 1,1	- 11,7	+ 5,1	- 17,3	- 0,28
<i>Калужская область</i>										
1981–1990	12,8	16,0	17,5	16,3	1859	47,3	99,0	72,8	86,5	1,65
1991–2000	12,2	16,8	18,0	16,3	1874	60,9	63,3	91,3	61,2	1,48
2001–2010	13,4	16,1	19,6	17,7	1996	63,8	63,3	69,5	68,3	1,33
2011–2020	14,2	17,2	18,7	17,6	2042	63,0	88,9	98,9	47,0	1,46
40-летний период	+ 1,4	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,3	+ 183	+ 15,7	- 10,1	+ 26,1	- 39,5	- 0,19
<i>Костромская область</i>										
1981–1990	12,2	15,8	18,1	15,8	1819	40,6	79,7	81,5	75,4	1,52
1991–2000	11,2	16,9	17,9	15,5	1778	49,6	83,5	69,6	74,8	1,56
2001–2010	12,6	15,6	19,6	16,8	1907	48,0	67,1	66,3	76,9	1,35
2011–2020	13,1	16,0	18,4	16,8	1902	61	71,5	85	66,9	1,50
40-летний период	+ 0,9	+ 0,2	+ 0,3	+ 1,0	+ 83	+ 20,4	- 8,2	+ 3,5	- 8,5	- 0,02
<i>Орловская область</i>										
1981–1990	14,2	17,2	18,4	17,2	2005	38,2	69,5	58,7	68,5	1,17
1991–2000	13,3	17,8	19,0	17,4	2015	37,4	72,3	101,2	62,7	1,36
2001–2010	14,3	17,4	20,6	19,2	2154	50,9	65,2	66,9	48,7	1,08
2011–2020	15,4	18,4	19,8	18,9	2202	60,9	56,9	93,6	52,1	1,20

Продолжение приложения Ж										
40-летний период	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,4	+ 1,7	+ 197	+ 22,7	- 12,6	+ 34,9	- 16,4	+ 0,03
<i>Смоленская область</i>										
1981–1990	13,1	15,7	17,0	15,8	1828	39,1	105	96,4	77,5	1,74
1991–2000	11,7	16,3	17,5	16,0	1810	75,7	79,5	99,8	78,4	1,84
2001–2010	12,7	15,5	19,0	17,1	1907	67,7	76,5	74,3	98,4	1,66
2011–2020	13,6	16,6	18,0	17,0	1947	75,9	89,6	89,0	75,1	1,69
40-летний период	+ 0,5	+ 0,9	+ 1,0	+ 1,2	+ 119	+ 36,8	- 15,4	- 7,4	- 2,4	- 0,05
<i>Тверская область</i>										
1981–1990	12,6	15,6	17,7	15,7	1798	47,1	88,4	107,3	65	1,71
1991–2000	11,5	17,1	18,4	16,1	1834	58,2	65,9	70,8	64,3	1,41
2001–2010	12,8	15,9	20,0	17,2	1951	73,4	82,6	70,5	90,0	1,62
2011–2020	13,5	16,9	18,6	17,2	1979	60,4	83,7	86,0	65,8	1,50
40-летний период	+ 0,9	+ 1,3	+ 0,9	+ 1,5	+ 181	+ 13,3	- 4,7	- 21,3	+ 0,8	- 0,21
<i>Тульская область</i>										
1981–1990	12,8	16,1	17,4	16,9	1874	39,3	86,0	84,0	71,0	1,49
1991–2000	12,9	17,3	18,7	16,7	1956	42,6	86,1	86,9	69,8	1,46
2001–2010	13,8	16,7	20,2	18,2	2019	49,6	60,8	68,6	61,3	1,19
2011–2020	14,8	17,8	19,5	18,3	2118	52,9	82,0	74,8	49,9	1,23
40-летний период	+ 2,0	+ 1,7	+ 2,1	+ 1,4	+ 244	+ 13,6	- 4,0	- 9,2	- 21,1	- 0,26
<i>Ярославская область</i>										
1981–1990	11,9	16,0	18,4	16,0	1803	38,7	85,0	83,4	92,3	1,66
1991–2000	10,9	17,0	18,2	15,7	1798	58,2	85,7	75,3	85,6	1,70
2001–2010	12,2	15,7	19,8	16,9	1907	47,1	69,1	65,9	80,2	1,38
2011–2020	12,8	16,8	18,9	17,2	1950	53,2	65,2	85,2	74,9	1,43
40-летний период	+ 0,9	+ 0,8	+ 0,5	+ 1,2	+ 147	+ 14,5	- 19,8	+ 1,8	- 17,4	- 0,23

Приложение 3

Изменение средних температур по месяцам в агроэкологических районах
Центрального региона Нечерноземной зоны РФ за период с 1981 по 2020 гг.

Температура, °С				$\Sigma T_{\text{акт.}}$	Осадки, мм				ГТК
май	июнь	июль	август		май	июнь	июль	август	
<i>Московская область</i>									
+ 1,2	+ 0,9	+ 1,3	+ 2,0	+ 213	+ 25,7	- 7,7	- 3,0	- 14,3	- 0,14
<i>Рязанская область</i>									
+ 3,7	+ 2,7	+ 3,7	+ 4,2	+ 495	+ 2,5	- 32,1	- 52,5	- 26,2	- 0,73
<i>Брянская область</i>									
+ 1,1	+ 1,6	+ 1,7	+ 1,8	+ 215	+ 26,1	- 21,6	- 1,2	- 25,7	- 0,25
<i>Владимирская область</i>									
+ 1,2	+ 0,3	+ 0,6	+ 1,2	+ 146	+ 12,5	- 0,1	+ 15,2	- 18,6	- 0,05
<i>Ивановская область</i>									
+ 5,0	+ 0,4	+ 0,4	+ 1,4	+ 196	- 1,1	- 11,7	+ 5,1	- 17,3	- 0,28
<i>Калужская область</i>									
+ 1,4	+ 1,2	+ 1,2	+ 1,3	+ 183	+ 15,7	- 10,1	+ 26,1	- 39,5	- 0,19
<i>Костромская область</i>									
+ 0,9	+ 0,2	+ 0,3	+ 1,0	+ 83	+ 20,4	- 8,2	+ 3,5	- 8,5	- 0,02
<i>Орловская область</i>									
+ 1,2	+ 1,2	+ 1,4	+ 1,7	+ 197	+ 22,7	- 12,6	+ 34,9	- 16,4	+ 0,03
<i>Смоленская область</i>									
+ 0,5	+ 0,9	+ 1,0	+ 1,2	+ 119	+ 36,8	- 15,4	- 7,4	- 2,4	- 0,05
<i>Тверская область</i>									
+ 0,9	+ 1,3	+ 0,9	+ 1,5	+ 181	+ 13,3	- 4,7	- 21,3	+ 0,8	- 0,21
<i>Тульская область</i>									
+ 2,0	+ 1,7	+ 2,1	+ 1,4	+ 244	+ 13,6	- 4,0	- 9,2	- 21,1	- 0,26
<i>Ярославская область</i>									
+ 0,9	+ 0,8	+ 0,5	+ 1,2	+ 147	+ 14,5	- 19,8	+ 1,8	- 17,4	- 0,23

Приложение И

Влияние ГТК вегетационного периода на урожайность сортов сои различного эколого-географического происхождения

ГТК	Сорта												НСР ₀₅
	Магева	Окская	Светлая	Касатка	Геоργия	Ли́ра	Аванта	Бара	Персона	Умка	Лидия	Грация	
0,5	0,9	0,92	1,18	0,89	1,12	1,11	1,08	1,26	0,94	1,23	1,08	1,23	0,06
0,6	1,12	1,23	1,23	0,92	1,18	1,28	1,23	1,29	1,22	1,35	1,12	1,29	0,05
0,7	1,28	1,13	1,34	1,12	1,24	1,31	1,34	1,34	1,32	1,43	1,32	1,35	0,07
0,8	1,34	1,28	1,41	1,21	1,32	1,48	1,48	1,48	1,43	1,52	1,48	1,48	0,07
0,9	1,46	1,32	1,45	1,28	1,48	1,56	1,52	1,66	1,52	1,54	1,67	1,56	0,08
1	1,56	1,44	1,65	1,38	1,67	1,68	1,67	1,72	1,64	1,58	1,87	1,68	0,09
1,1	1,68	1,56	1,78	1,41	1,76	1,84	1,78	1,78	1,78	1,68	1,92	1,78	0,08
1,2	1,78	1,73	1,83	1,45	1,84	1,98	1,84	1,96	1,89	1,76	1,95	1,84	0,08
1,3	1,98	1,84	1,89	1,65	1,98	2,18	1,95	2,25	2,08	1,87	2,18	1,98	0,11
1,4	2,21	2,18	2,24	1,72	2,19	2,22	2,35	2,29	2,19	1,96	2,22	2,27	0,10
1,5	2,35	2,21	2,36	1,98	2,24	2,48	2,28	2,21	2,38	2,34	2,37	2,34	0,11
1,6	2,21	2,26	2,32	2,04	2,18	2,38	2,22	2,25	2,28	2,21	2,27	2,26	0,11
1,7	2,12	2,20	2,22	1,93	2,12	2,21	2,16	2,23	2,22	2,16	2,18	2,19	0,14
1,8	2,08	2,12	2,14	1,89	2,06	2,18	2,09	2,14	2,16	2,03	2,08	2,15	0,10
НСР ₀₅	0,08	0,08	0,09	0,07	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,07	-

Приложение К

Микрофенология роста и развития сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных сроках посева

Фазы роста и развития	Срок посева	2018 г.			2019 г.			2020 г.		
		Светлая	Аванта	Грация	Светлая	Аванта	Грация	Светлая	Аванта	Грация
Посев	1-й срок	04.05	04.05	04.05	03.05	03.05	03.05	04.05	04.05	04.05
	2-й срок	08.05	08.05	08.05	08.05	08.05	08.05	08.05	08.05	08.05
	3-й срок	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	11.05	11.05	11.05
	4-й срок	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	17.05	18.05	18.05	18.05
	5-й срок	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05	22.05
VE – всходы	1-й срок	14.05	14.05	14.05	12.05	12.05	12.05	19.05	19.05	19.05
	2-й срок	19.05	19.05	19.05	16.05	16.05	16.05	21.05	21.05	21.05
	3-й срок	25.05	25.05	25.05	21.05	21.05	21.05	24.05	24.05	24.05
	4-й срок	27.05	27.05	27.05	23.05	23.05	23.05	31.05	31.05	31.05
	5-й срок	30.05	30.05	30.05	28.05	28.05	28.05	03.06	03.06	03.06
R1 – начало цветения	1-й срок	17.06	17.06	17.06	11.06	11.06	11.06	25.06	25.06	25.06
	2-й срок	20.06	20.06	20.06	17.06	17.06	17.06	27.06	27.06	27.06
	3-й срок	20.06	20.06	20.06	19.06	19.06	19.06	28.06	28.06	28.06
	4-й срок	26.06	26.06	26.06	20.06	20.06	20.06	04.07	04.07	04.07
	5-й срок	30.06	30.06	30.06	25.06	25.06	25.06	03.07	03.07	03.07

Продолжение приложения К

R2 – полное цветение	1-й срок	05.07	07.07	08.07	28.06	29.06	01.07	13.07	15.07	16.07
	2-й срок	08.07	09.07	11.07	05.07	07.07	08.07	15.07	17.07	18.07
	3-й срок	07.07	09.07	11.07	07.07	09.07	11.07	15.07	16.07	16.07
	4-й срок	08.07	10.07	09.07	04.07	06.07	04.07	15.07	17.07	16.07
	5-й срок	10.07	12.07	11.07	07.07	09.07	07.07	12.07	14.07	13.07
R3 – образование плодов	1-й срок	06.07	08.07	09.07	29.06	30.06	02.07	14.07	16.07	17.07
	2-й срок	09.07	10.07	12.07	06.07	08.07	09.07	16.07	18.07	19.07
	3-й срок	08.07	10.07	12.07	08.07	10.07	12.07	16.07	17.07	17.07
	4-й срок	09.07	11.07	10.07	05.07	07.07	05.07	16.07	18.07	17.07
	5-й срок	11.07	13.07	12.07	08.07	10.07	08.07	13.07	15.07	14.07
R4 – выполненные бобы	1-й срок	03.08	09.08	10.08	26.07	01.08	30.07	11.08	13.08	15.08
	2-й срок	06.08	10.08	13.08	01.08	07.08	07.08	12.08	15.08	15.08
	3-й срок	04.08	09.08	13.08	03.08	09.08	07.08	12.08	13.08	13.08
	4-й срок	31.07	08.08	08.08	31.07	06.08	31.07	11.08	14.08	13.08
	5-й срок	02.08	09.08	09.08	03.08	08.08	03.08	08.08	11.08	09.08
R5 – начало налива семян	1-й срок	04.08	10.08	11.08	27.07	02.08	31.07	12.08	14.08	16.08
	2-й срок	07.08	11.08	14.08	02.08	08.08	08.08	13.08	16.08	16.08
	3-й срок	05.08	10.08	14.08	04.08	10.08	08.08	13.08	14.08	14.08
	4-й срок	01.08	09.08	09.08	01.08	07.08	01.08	12.08	15.08	14.08
	5-й срок	03.08	10.08	10.08	04.08	09.08	04.08	09.08	12.08	10.08
R6 – полный налив семян	1-й срок	17.08	24.08	25.08	08.08	16.08	14.08	01.09	03.09	09.09
	2-й срок	20.08	26.08	29.08	15.08	22.08	23.08	02.09	05.09	09.09
	3-й срок	17.08	25.08	27.08	18.08	22.08	23.08	04.09	03.09	05.09
	4-й срок	12.08	21.08	22.08	14.08	18.08	13.08	30.08	31.08	05.09
	5-й срок	12.08	21.08	23.08	16.08	19.08	15.08	27.08	28.08	28.08

Продолжение приложения К										
R7 – начало созревания	1-й срок	18.08	25.08	26.08	09.08	17.08	15.08	02.09	04.09	10.09
	2-й срок	21.08	27.08	30.08	16.08	23.08	24.08	03.09	06.09	10.09
	3-й срок	18.08	26.08	28.08	19.08	23.08	24.08	05.09	04.09	06.09
	4-й срок	13.08	22.08	23.08	15.08	19.08	14.08	31.08	01.09	06.09
	5-й срок	13.08	22.08	24.08	17.08	20.08	16.08	28.08	29.08	29.08
R8 – полное созревание	1-й срок	29.08	03.09	07.09	21.08	29.08	27.08	12.09	13.09	22.09
	2-й срок	01.09	08.09	11.09	27.08	04.09	05.09	14.09	18.09	22.09
	3-й срок	29.08	09.09	09.09	29.08	04.09	05.09	16.09	16.09	18.09
	4-й срок	21.08	31.08	02.09	25.08	30.08	25.08	08.09	10.09	15.09
	5-й срок	21.08	31.08	03.09	27.08	31.08	27.08	05.09	07.09	07.09

Приложение Л

Продолжительность вегетации и отдельных периодов роста и развития сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных сроках посева

Периоды	Срок посева	2018 г.			2019 г.			2020 г.		
		Светлая	Аванта	Грация	Светлая	Аванта	Грация	Светлая	Аванта	Грация
Посев – всходы	1-й срок	10	10	10	9	9	9	15	15	15
	2-й срок	11	11	11	8	8	8	13	13	13
	3-й срок	11	11	11	7	7	7	13	13	13
	4-й срок	10	10	10	6	6	6	13	13	13
	5-й срок	8	8	8	6	6	6	12	12	12
Всходы -начало цветения (VE – R1)	1-й срок	34	34	34	33	33	33	37	37	37
	2-й срок	31	31	31	32	32	32	37	37	37
	3-й срок	28	28	28	29	29	29	35	35	35
	4-й срок	30	30	30	29	29	29	33	33	33
	5-й срок	29	29	29	28	28	28	29	29	29
Цветение и образование плодов (R1 – R2)	1-й срок	18	20	21	17	18	20	18	20	21
	2-й срок	18	19	21	18	20	21	18	20	21
	3-й срок	17	19	21	18	20	22	17	18	18
	4-й срок	12	14	13	14	16	14	12	14	13
	5-й срок	10	12	11	12	14	12	10	12	11

Продолжение приложения Л										
Рост плодов (R3 – R4)	1-й срок	28	32	32	27	32	28	28	28	29
	2-й срок	28	31	32	26	30	28	27	28	27
	3-й срок	27	30	32	26	30	26	27	27	27
	4-й срок	22	28	29	26	30	26	26	27	27
	5-й срок	22	27	28	26	29	26	26	27	26
Налив семян (R5 – R6)	1-й срок	13	14	14	12	14	14	20	20	24
	2-й срок	13	15	15	13	14	15	20	20	24
	3-й срок	12	15	13	14	12	15	22	20	22
	4-й срок	11	12	13	13	11	12	18	16	22
	5-й срок	9	11	13	12	10	11	18	16	18
Созревание (R7 – R8)	1-й срок	11	9	12	12	12	12	10	9	12
	2-й срок	11	12	13	11	12	12	11	12	12
	3-й срок	11	15	13	10	12	12	11	12	12
	4-й срок	8	9	10	10	11	11	9	9	9
	5-й срок	8	9	10	10	11	11	9	9	9
Всходы – созревание	1-й срок	104	109	113	101	109	107	118	119	128
	2-й срок	101	108	112	100	108	108	118	122	126
	3-й срок	95	104	107	97	103	104	117	117	119
	4-й срок	83	93	95	92	97	92	103	104	109
	5-й срок	78	88	91	88	92	88	97	98	98
Посев - созревание	1-й срок	114	119	123	110	118	116	128	129	138
	2-й срок	112	119	123	108	116	116	126	130	134
	3-й срок	106	115	118	104	110	111	125	125	127
	4-й срок	93	103	105	98	103	98	111	112	117
	5-й срок	86	96	99	94	98	94	104	105	105

Приложение М

Суммы активных температур, накопленные сортами сои различного эколого-географического происхождения при разных сроках посева

Периоды	Срок посева	2018						2019						2020					
		Светлая		Аванта		Грация		Светлая		Аванта		Грация		Светлая		Аванта		Грация	
		∑Т	Т _{ср.}	∑Т	Т _{ср.}	∑Т	Т _{ср.}	∑Т	Т _{ср.}	∑Т	Т _{ср.}	∑Т	Т _{ср.}	∑Т	Т _{ср.}	∑Т	Т _{ср.}	∑Т	Т _{ср.}
Посев – всходы	1-й срок	184	18,4	184	18,4	184	18,4	197	21,9	197	21,9	197	21,9	223	14,8	223	14,8	223	14,8
	2-й срок	214	19,4	214	19,4	214	19,4	184	23,0	184	23,0	184	23,0	167	12,8	167	12,8	167	12,8
	3-й срок	196	17,8	196	17,8	196	17,8	146	20,8	146	20,8	146	20,8	160	12,3	160	12,3	160	12,3
	4-й срок	184	18,4	184	18,4	184	18,4	133	22,2	133	22,2	133	22,2	198	15,2	198	15,2	198	15,2
	5-й срок	168	21,0	168	21,0	168	21,0	133	22,2	133	22,2	133	22,2	198	16,5	198	16,5	198	16,5
Всходы - начало цветения (VE – R1)	1-й срок	620	18,2	620	18,2	620	18,2	685	20,8	685	20,8	685	20,8	604	16,3	604	16,3	604	16,3
	2-й срок	584	18,9	584	18,9	584	18,9	728	22,8	728	22,8	728	22,8	629	17,0	629	17,0	629	17,0
	3-й срок	475	16,9	475	16,9	475	16,9	691	23,8	691	23,8	691	23,8	614	17,5	614	17,5	614	17,5
	4-й срок	591	19,7	591	19,7	591	19,7	674	23,2	674	23,2	674	23,2	623	18,9	623	18,9	623	18,9
	5-й срок	646	22,3	646	22,3	646	22,3	718	25,6	718	25,6	718	25,6	567	19,5	567	19,5	567	19,5

Продолжение приложения М																			
Цветение и образование плодов (R1 – R2)	1-й срок	450	25,0	497	24,9	516	24,6	409	24,1	420	23,3	459	22,9	410	22,8	450	22,5	465	22,2
	2-й срок	445	24,7	466	24,5	513	24,4	414	22,9	447	22,4	467	22,2	409	22,7	441	22,1	460	21,9
	3-й срок	426	25,1	466	24,5	513	24,4	403	22,4	442	22,1	478	21,7	384	22,6	399	22,2	399	22,2
	4-й срок	298	24,8	341	24,4	319	24,5	326	23,3	360	22,5	327	23,4	290	24,2	322	23,0	305	23,5
	5-й срок	241	24,1	290	24,2	266	24,2	243	20,3	282	20,2	244	20,4	251	25,1	299	24,9	276	25,1
Рост плодов (R3 – R4)	1-й срок	689	24,6	779	24,3	786	24,6	537	19,9	637	19,9	571	20,4	604	21,6	596	21,3	611	21,1
	2-й срок	700	25,0	765	24,7	791	24,7	519	20,0	577	19,2	558	19,9	581	21,5	594	21,2	575	21,3
	3-й срок	668	24,7	739	24,6	791	24,7	515	19,8	581	19,4	503	19,3	581	21,5	581	21,5	581	21,5
	4-й срок	547	24,9	699	25,0	721	24,8	522	20,1	575	19,2	522	20,1	564	21,7	579	21,4	581	21,5
	5-й срок	555	25,2	668	24,8	693	24,7	515	19,8	601	20,7	515	19,8	566	21,8	582	21,6	564	21,7
Налив семян (R5 – R6)	1-й срок	323	24,9	338	24,2	337	24,1	227	18,9	277	19,8	259	18,5	413	20,6	418	20,9	504	21,0
	2-й срок	315	24,2	361	24,1	369	24,6	259	20,0	314	22,4	334	22,3	414	20,7	426	21,3	504	21,0
	3-й срок	297	24,8	362	24,2	314	24,2	285	20,4	271	22,6	334	22,3	453	20,6	418	20,9	455	20,7
	4-й срок	290	26,4	297	24,8	317	24,3	246	18,9	242	21,9	225	18,7	361	20,1	342	21,4	455	20,7
	5-й срок	239	26,6	279	25,3	316	24,3	247	20,6	218	21,8	231	21,0	378	21,0	320	20,0	361	20,1

Продолжение приложения М																			
Созревание (R7 – R8)	1-й срок	282	25,6	244	27,1	305	25,4	267	22,2	249	20,8	273	22,8	197	19,7	174	19,3	181	15,1
	2-й срок	286	26,0	301	25,1	329	25,3	214	19,5	257	21,4	256	21,3	208	18,9	208	17,3	181	15,1
	3-й срок	282	25,6	345	23,0	348	26,8	217	21,7	257	21,4	256	21,3	198	18,0	218	18,1	193	16,1
	4-й срок	203	25,4	239	26,6	265	26,5	198	19,8	243	22,0	258	23,4	192	21,3	195	21,7	151	16,8
	5-й срок	203	25,4	239	26,6	266	26,6	197	19,7	246	22,3	245	22,2	188	20,9	212	23,5	212	23,5
Всходы – созревание	1-й срок	2364	23,7	2478	23,7	2564	23,4	2125	21,0	2268	20,8	2247	21,0	2228	18,9	2242	18,8	2365	18,5
	2-й срок	2330	23,8	2477	23,5	2586	23,6	2134	21,3	2323	21,5	2343	21,7	2241	19,0	2298	18,8	2349	18,6
	3-й срок	2148	23,4	2583	22,6	2441	23,4	2111	21,8	2242	21,8	2262	21,8	2230	19,1	2230	19,1	2242	18,8
	4-й срок	1929	24,2	2167	24,1	2213	23,9	1966	21,4	2094	21,6	2006	21,8	2030	19,9	2061	19,8	2115	19,4
	5-й срок	1884	24,7	2122	24,6	2187	24,4	1920	21,8	2065	22,4	1953	22,2	1950	20,3	1980	20,2	1980	20,2
Посев - созревание	1-й срок	2548	22,8	2662	22,9	2748	22,6	2322	21,1	2465	20,9	2444	21,1	2451	19,1	2465	19,1	2588	18,8
	2-й срок	2544	23,0	2691	22,8	2800	22,9	2318	21,5	2507	21,6	2527	21,8	2408	19,1	2465	19,0	2516	18,8
	3-й срок	2344	22,5	2779	21,8	2637	22,5	2257	21,7	2388	21,7	2408	21,7	2390	19,1	2390	19,1	2402	18,9
	4-й срок	2113	23,3	2351	23,2	2397	23,0	2099	21,4	2227	21,6	2139	21,8	2148	20,9	2259	20,2	2313	19,8
	5-й срок	2052	24,1	2290	20,9	2355	23,9	2053	21,8	2198	22,4	2086	22,2	2228	20,3	2178	20,7	2178	20,7

Приложение Н

Урожайность сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных способах посева и густоте всходов по годам исследований

Сорт	Урожайность, т/га					
	Обычный рядовой с густотой всходов, тыс. шт./га			Широкорядный с густотой всходов, тыс. шт./га		
	400	600	800	400	500	600
<i>2008</i>						
Светлая	1,94	2,23	1,98	2,08	2,29	2,12
Касатка	1,75	2,17	1,86	1,86	2,12	1,96
Ли́ра	1,96	2,27	2,18	2,18	2,28	2,21
Бара	1,82	2,28	2,14	1,98	2,25	2,08
Ли́дия	1,98	2,34	2,21	2,14	2,28	2,12
Гра́ция	1,82	2,18	1,95	1,92	2,23	2,12
НСР ₀₅	0,09	0,12	0,10	0,09	0,12	0,11
<i>2009</i>						
Светлая	1,87	2,18	1,87	2,05	2,25	2,20
Касатка	1,78	2,12	1,76	1,76	2,18	1,87
Ли́ра	1,92	2,06	2,03	2,05	2,25	2,15
Бара	1,80	1,98	2,08	1,86	2,21	2,02
Ли́дия	1,84	2,30	2,12	2,04	2,25	2,08

Продолжение приложения Н						
Грация	1,78	2,12	2,04	1,12	2,18	1,96
НСР ₀₅	0,08	0,11	0,10	0,07	0,12	0,10
<i>2010</i>						
Светлая	0,36	0,32	0,30	0,87	0,82	0,75
Касатка	0,33	0,29	0,27	0,78	0,72	0,68
Лира	0,38	0,35	0,34	0,92	0,86	0,82
Бара	0,32	0,29	0,27	0,89	0,85	0,80
Лидия	0,34	0,35	0,34	0,85	0,83	0,79
Грация	0,35	0,33	0,29	0,83	0,80	0,78
НСР ₀₅	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04
<i>2011</i>						
Светлая	0,45	0,42	0,38	1,12	1,05	0,95
Касатка	0,40	0,38	0,35	1,05	0,96	0,87
Лира	0,52	0,47	0,42	1,25	1,12	1,08
Бара	0,48	0,44	0,40	1,15	1,09	1,03
Лидия	0,50	0,47	0,45	1,21	1,10	1,07
Грация	0,53	0,49	0,47	1,12	1,08	1,02
НСР ₀₅	0,03	0,02	0,02	0,06	0,05	0,04
<i>2012</i>						
Светлая	2,16	2,34	2,18	2,12	2,36	2,27
Касатка	1,82	1,96	1,98	1,92	2,05	1,97

Продолжение приложения Н						
Ли́ра	2,25	2,43	2,38	2,18	2,28	2,25
Ба́ра	2,02	2,12	2,16	2,08	2,15	2,10
Ли́дия	2,16	2,21	2,26	2,12	2,32	2,24
Гра́ция	2,12	2,25	2,20	2,15	2,38	2,32
НСР ₀₅	0,11	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10
<i>2013</i>						
Светлая	1,91	2,20	1,95	1,96	2,22	2,07
Касатка	1,72	2,12	1,80	1,92	2,27	2,08
Ли́ра	1,85	2,29	2,14	2,12	2,32	2,18
Ба́ра	1,79	2,29	2,08	2,08	2,20	1,97
Ли́дия	1,86	2,29	2,12	2,12	2,30	2,27
Гра́ция	1,78	2,20	1,89	1,92	2,23	2,12
НСР ₀₅	0,10	0,10	0,08	0,10	0,12	0,10
<i>2014</i>						
Светлая	1,95	2,13	2,08	1,99	2,25	2,18
Касатка	1,84	2,08	1,96	1,95	2,18	2,20
Ли́ра	1,93	2,32	2,12	2,10	2,28	2,30
Ба́ра	1,89	2,22	2,14	2,07	2,17	2,23
Ли́дия	1,92	2,33	2,25	2,08	2,26	2,30
Гра́ция	1,98	2,15	2,06	2,00	2,14	2,18
НСР ₀₅	0,09	0,11	0,09	0,10	0,11	0,12

Продолжение приложения Н						
2015						
Светлая	2,32	2,38	2,35	2,26	2,34	2,30
Касатка	1,98	2,09	2,04	1,92	2,15	2,14
Лира	2,42	2,49	2,52	2,40	2,45	2,56
Бара	2,26	2,29	2,32	2,28	2,34	2,28
Лидия	2,32	2,38	2,40	2,35	2,38	2,40
Грация	2,35	2,42	2,45	2,29	2,34	2,38
НСР ₀₅	0,11	0,11	0,12	0,14	0,12	0,11
2008 – 2015						
Светлая	1,62	1,77	1,64	1,81	1,95	1,86
Касатка	1,45	1,65	1,50	1,66	1,83	1,72
Лира	1,65	1,84	1,77	1,90	1,98	1,94
Бара	1,55	1,74	1,70	1,80	1,89	1,81
Лидия	1,62	1,83	1,77	1,86	1,97	1,91
Грация	1,59	1,77	1,64	1,67	1,92	1,86
НСР ₀₅	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08

Светлая, 2008-2015 (Обычный рядовой)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,38
Минимум	0,30
Размах вариации	2,08
Среднее линейное отклонение	0,72
Дисперсия по генеральной совокупности	0,67
Дисперсия по выборке	0,70
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,82
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,84
Коэффициент вариации	0,52
Коэффициент осцилляции	1,29

Светлая, 2008-2015 (Широкорядный)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,36
Минимум	0,75
Размах вариации	1,61
Среднее линейное отклонение	0,56
Дисперсия по генеральной совокупности	0,43
Дисперсия по выборке	0,45
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,66
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,67
Коэффициент вариации	0,37
Коэффициент осцилляции	0,90

Сравнение показателей дисперсионного анализа по сортам, %

Показатель вариации	Значение
Максимум	0,84
Минимум	150,00
Размах вариации	22,60
Среднее линейное отклонение	22,53
Дисперсия по генеральной совокупности	35,91
Дисперсия по выборке	35,91
Среднеквадратическое отклонение генеральное	19,95
Среднеквадратическое отклонение по выборке	19,95
Коэффициент вариации	28,19
Коэффициент осцилляции	30,57

Касатка, 2008-2015 (Обычный рядовой)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,38
Минимум	0,27
Размах вариации	2,11
Среднее линейное отклонение	0,65
Дисперсия по генеральной совокупности	0,59
Дисперсия по выборке	0,61
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,77
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,78
Коэффициент вариации	0,48
Коэффициент осцилляции	1,28

Касатка, 2008-2015 (Широкорядный)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,36
Минимум	0,68
Размах вариации	1,68
Среднее линейное отклонение	0,47
Дисперсия по генеральной совокупности	0,31
Дисперсия по выборке	0,33
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,56
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,57
Коэффициент вариации	0,32
Коэффициент осцилляции	0,93

Сравнение показателей дисперсионного анализа по сортам, %

Показатель вариации	Значение
Максимум	0,84
Минимум	151,85
Размах вариации	20,38
Среднее линейное отклонение	27,81
Дисперсия по генеральной совокупности	46,50
Дисперсия по выборке	46,50
Среднеквадратическое отклонение генеральное	26,86
Среднеквадратическое отклонение по выборке	26,86
Коэффициент вариации	33,34
Коэффициент осцилляции	27,43

Ли́ра, 2008-2015 (Обы́чный рядовой)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,52
Минимум	0,34
Размах вариации	2,18
Среднее линейное отклонение	0,46
Дисперсия по генеральной совокупности	0,45
Дисперсия по выборке	0,47
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,67
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,69
Коэффициент вариации	0,36
Коэффициент осцилляции	1,13

Ли́ра, 2008-2015 (Широ́корядный)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,56
Минимум	0,82
Размах вариации	1,74
Среднее линейное отклонение	0,34
Дисперсия по генеральной совокупности	0,25
Дисперсия по выборке	0,26
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,50
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,51
Коэффициент вариации	0,25
Коэффициент осцилляции	0,85

Сравнение показателей дисперсионного анализа по сортам, %

Показатель вариации	Значение
Максимум	1,59
Минимум	141,18
Размах вариации	20,18
Среднее линейное отклонение	26,28
Дисперсия по генеральной совокупности	44,85
Дисперсия по выборке	44,85
Среднеквадратическое отклонение генеральное	25,74
Среднеквадратическое отклонение по выборке	25,74
Коэффициент вариации	30,06
Коэффициент осцилляции	24,83

Бара, 2008-2015 (Обычный рядовой)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,32
Минимум	0,27
Размах вариации	2,05
Среднее линейное отклонение	0,65
Дисперсия по генеральной совокупности	0,58
Дисперсия по выборке	0,61
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,76
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,78
Коэффициент вариации	0,47
Коэффициент осцилляции	1,23

Бара, 2008-2015 (Широкорядный)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,34
Минимум	0,80
Размах вариации	1,54
Среднее линейное отклонение	0,44
Дисперсия по генеральной совокупности	0,27
Дисперсия по выборке	0,28
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,52
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,53
Коэффициент вариации	0,29
Коэффициент осцилляции	0,84

Сравнение показателей дисперсионного анализа по сортам, %

Показатель вариации	Значение
Максимум	0,86
Минимум	196,30
Размах вариации	24,88
Среднее линейное отклонение	32,69
Дисперсия по генеральной совокупности	53,87
Дисперсия по выборке	53,87
Среднеквадратическое отклонение генеральное	32,08
Среднеквадратическое отклонение по выборке	32,08
Коэффициент вариации	38,66
Коэффициент осцилляции	32,16

Лидия, 2008-2015 (Обычный рядовой)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,40
Минимум	0,34
Размах вариации	2,06
Среднее линейное отклонение	0,67
Дисперсия по генеральной совокупности	0,61
Дисперсия по выборке	0,64
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,78
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,80
Коэффициент вариации	0,46
Коэффициент осцилляции	1,18

Лидия, 2008-2015 (Широкорядный)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,40
Минимум	0,79
Размах вариации	1,61
Среднее линейное отклонение	0,47
Дисперсия по генеральной совокупности	0,31
Дисперсия по выборке	0,32
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,56
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,57
Коэффициент вариации	0,30
Коэффициент осцилляции	0,84

Сравнение показателей дисперсионного анализа по сортам, %

Показатель вариации	Значение
Максимум	0,00
Минимум	132,35
Размах вариации	21,84
Среднее линейное отклонение	29,56
Дисперсия по генеральной совокупности	49,77
Дисперсия по выборке	49,77
Среднеквадратическое отклонение генеральное	29,13
Среднеквадратическое отклонение по выборке	29,13
Коэффициент вариации	35,55
Коэффициент осцилляции	28,93

Грация, 2008-2015 (Обычный рядовой)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,45
Минимум	0,29
Размах вариации	2,16
Среднее линейное отклонение	0,63
Дисперсия по генеральной совокупности	0,56
Дисперсия по выборке	0,59
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,75
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,77
Коэффициент вариации	0,46
Коэффициент осцилляции	1,29

Грация, 2008-2015 (Широкорядный)

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,38
Минимум	0,78
Размах вариации	1,60
Среднее линейное отклонение	0,50
Дисперсия по генеральной совокупности	0,32
Дисперсия по выборке	0,33
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,57
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,58
Коэффициент вариации	0,32
Коэффициент осцилляции	0,88

Сравнение показателей дисперсионного анализа по сортам, %

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,86
Минимум	168,97
Размах вариации	25,93
Среднее линейное отклонение	21,35
Дисперсия по генеральной совокупности	43,24
Дисперсия по выборке	43,24
Среднеквадратическое отклонение генеральное	24,66
Среднеквадратическое отклонение по выборке	24,66
Коэффициент вариации	30,55
Коэффициент осцилляции	31,72

Приложение О

Влияние обработки биологически активными веществами на формирование сухой биомассы сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода на конец периода R1–R4 (цветение и образование плодов), кг/га

Вариант		Светлая			Лира			Грация			НСР ₀₅
		ГТК < 0,7	ГТК 0,7 – 1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК 0,7 – 1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК 0,7 – 1,4	ГТК > 1,4	
Обработка в фазу R1 – начало цветения	Эпин-Экстра	3350	5340	5940	3320	5420	6270	3380	5470	6350	224
	Циркон	3840	5280	6020	3850	5380	6380	3840	5490	6390	240
	Силиплант	3920	5320	6180	3930	5440	6420	3950	5520	6460	270
	Флоравит	3270	5380	6050	3360	5510	6390	3410	5490	6420	235
Обработка в фазу R3 – образование плодов	Эпин-Экстра	3270	5290	5750	3340	5400	6050	3430	5430	5940	225
	Циркон	3440	5360	5860	3520	5450	6210	3580	5480	6110	220
	Силиплант	3580	5280	5890	3620	5370	6280	3600	5540	6230	212
	Флоравит	3320	5270	5840	3360	5420	6220	3390	5470	6180	242
Контроль без обработки		3250	5250	5650	3300	5400	5750	3350	5450	5800	234

Приложение II

Влияние обработки биологически активными веществами на урожайность семян сортов сои различного эколого-географического происхождения, т/га

Сорта	Контроль без обработки	Обработка в фазу R1 – начало цветения				Обработка в фазу R3 – образование плодов				НСР ₀₅
		Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	Флоравит	Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	Флоравит	
<i>2016</i>										
Светлая	1,85	1,88	2,17	2,27	2,15	1,96	1,99	2,08	2,12	0,11
Ли́ра	1,94	2,08	2,12	2,26	2,30	1,98	2,0	2,13	2,18	0,10
Гра́ция	1,85	2,12	2,17	2,26	2,28	1,98	2,08	2,15	2,18	0,11
<i>2017</i>										
Светлая	1,76	1,79	2,15	2,24	2,18	1,72	1,98	2,08	2,14	0,09
Ли́ра	1,89	1,92	2,23	2,22	2,34	1,98	2,18	2,20	2,26	0,11
Гра́ция	1,78	1,80	2,20	2,20	2,30	1,76	1,95	2,08	2,24	0,10
<i>2018</i>										
Светлая	1,65	1,68	1,72	2,18	2,08	1,63	1,65	2,12	2,04	0,09
Ли́ра	1,82	1,85	1,92	2,06	2,28	1,74	2,03	2,04	2,18	0,10
Гра́ция	1,72	1,73	1,86	1,98	2,22	1,70	1,89	1,95	2,12	0,08

Продолжение приложения II										
2019										
Светлая	1,71	1,75	1,84	2,21	2,10	1,72	1,79	2,16	2,04	0,10
Ли́ра	1,85	1,88	1,94	2,06	2,34	1,86	1,92	2,08	2,26	0,09
Гра́ция	1,78	1,80	1,85	1,98	2,29	1,76	1,88	1,98	2,18	0,11
2020										
Светлая	1,92	1,95	1,98	2,38	2,24	1,98	2,05	2,26	2,22	0,12
Ли́ра	2,05	2,08	2,12	2,18	2,42	2,06	2,10	2,14	2,27	0,11
Гра́ция	1,98	2,00	2,06	2,12	2,36	1,98	2,02	2,08	2,18	0,10
НСР ₀₅	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,09	0,09	0,11	0,10	-

Сорт Светлая, фаза обработки: R1 – начало цветения,
2016 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,27
Минимум	1,88
Размах вариации	0,39
Среднее линейное отклонение	0,12
Дисперсия по генеральной совокупности	0,02
Дисперсия по выборке	0,03
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,14
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,17
Коэффициент вариации	0,08
Коэффициент осцилляции	0,18

Сорт Светлая, фаза обработки: R3 – образование плодов,
2016 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,12
Минимум	1,96
Размах вариации	0,16
Среднее линейное отклонение	0,06
Дисперсия по генеральной совокупности	0,00
Дисперсия по выборке	0,01
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,06
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,08
Коэффициент вариации	0,04
Коэффициент осцилляции	0,08

Сорт Ли́ра, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2016 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,30
Минимум	2,08
Размах вариации	0,22
Среднее линейное отклонение	0,09
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,01
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,09
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,11
Коэффициент вариации	0,05
Коэффициент осцилляции	0,10

Сорт Гра́ция, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2016 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,28
Минимум	2,12
Размах вариации	0,16
Среднее линейное отклонение	0,06
Дисперсия по генеральной совокупности	0,00
Дисперсия по выборке	0,01
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,07
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,08
Коэффициент вариации	0,03
Коэффициент осцилляции	0,07

Сорт Ли́ра, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2016 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,18
Минимум	1,98
Размах вариации	0,20
Среднее линейное отклонение	0,08
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,01
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,08
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,10
Коэффициент вариации	0,05
Коэффициент осцилляции	0,10

Сорт Гра́ция, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2016 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,18
Минимум	1,98
Размах вариации	0,20
Среднее линейное отклонение	0,07
Дисперсия по генеральной совокупности	0,01
Дисперсия по выборке	0,01
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,08
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,09
Коэффициент вариации	0,04
Коэффициент осцилляции	0,10

Сорт Светлая, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2017 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,24
Минимум	1,79
Размах вариации	0,45
Среднее линейное отклонение	0,15
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,04
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,18
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,20
Коэффициент вариации	0,10
Коэффициент осцилляции	0,22

Сорт Лира, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2017 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,34
Минимум	1,92
Размах вариации	0,42
Среднее линейное отклонение	0,13
Дисперсия по генеральной совокупности	0,02
Дисперсия по выборке	0,03
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,16
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,18
Коэффициент вариации	0,08
Коэффициент осцилляции	0,19

Сорт Светлая, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2017 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,12
Минимум	1,72
Размах вариации	0,40
Среднее линейное отклонение	0,13
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,03
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,16
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,19
Коэффициент вариации	0,09
Коэффициент осцилляции	0,20

Сорт Лира, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2017 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,26
Минимум	1,98
Размах вариации	0,28
Среднее линейное отклонение	0,09
Дисперсия по генеральной совокупности	0,01
Дисперсия по выборке	0,01
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,11
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,13
Коэффициент вариации	0,06
Коэффициент осцилляции	0,13

Сорт Грация, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2017 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,30
Минимум	1,80
Размах вариации	0,50
Среднее линейное отклонение	0,16
Дисперсия по генеральной совокупности	0,04
Дисперсия по выборке	0,05
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,19
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,22
Коэффициент вариации	0,10
Коэффициент осцилляции	0,24

Сорт Светлая, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2018 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,18
Минимум	1,68
Размах вариации	0,50
Среднее линейное отклонение	0,22
Дисперсия по генеральной совокупности	0,05
Дисперсия по выборке	0,06
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,22
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,25
Коэффициент вариации	0,13
Коэффициент осцилляции	0,26

Сорт Грация, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2017 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,24
Минимум	1,76
Размах вариации	0,48
Среднее линейное отклонение	0,15
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,04
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,18
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,20
Коэффициент вариации	0,10
Коэффициент осцилляции	0,24

Сорт Светлая, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2018 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,12
Минимум	1,63
Размах вариации	0,49
Среднее линейное отклонение	0,22
Дисперсия по генеральной совокупности	0,05
Дисперсия по выборке	0,07
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,22
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,26
Коэффициент вариации	0,14
Коэффициент осцилляции	0,26

Сорт Ли́ра, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2018 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,28
Минимум	1,85
Размах вариации	0,43
Среднее линейное отклонение	0,14
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,04
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,16
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,19
Коэффициент вариации	0,09
Коэффициент осцилляции	0,21

Сорт Гра́ция, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2018 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,22
Минимум	1,73
Размах вариации	0,49
Среднее линейное отклонение	0,15
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,04
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,18
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,21
Коэффициент вариации	0,11
Коэффициент осцилляции	0,25

Сорт Ли́ра, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2018 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,18
Минимум	1,74
Размах вариации	0,44
Среднее линейное отклонение	0,13
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,03
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,16
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,18
Коэффициент вариации	0,09
Коэффициент осцилляции	0,22

Сорт Гра́ция, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2018 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,12
Минимум	1,70
Размах вариации	0,42
Среднее линейное отклонение	0,12
Дисперсия по генеральной совокупности	0,02
Дисперсия по выборке	0,03
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,15
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,17
Коэффициент вариации	0,09
Коэффициент осцилляции	0,22

Сорт Светлая, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2019 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,21
Минимум	1,75
Размах вариации	0,46
Среднее линейное отклонение	0,18
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,05
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,19
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,22
Коэффициент вариации	0,11
Коэффициент осцилляции	0,23

Сорт Лира, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2019 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,34
Минимум	1,88
Размах вариации	0,46
Среднее линейное отклонение	0,15
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,04
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,18
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,20
Коэффициент вариации	0,10
Коэффициент осцилляции	0,22

Сорт Светлая, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2019 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,16
Минимум	1,72
Размах вариации	0,44
Среднее линейное отклонение	0,17
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,04
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,18
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,21
Коэффициент вариации	0,11
Коэффициент осцилляции	0,23

Сорт Лира, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2019 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,26
Минимум	1,86
Размах вариации	0,40
Среднее линейное отклонение	0,14
Дисперсия по генеральной совокупности	0,02
Дисперсия по выборке	0,03
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,16
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,18
Коэффициент вариации	0,09
Коэффициент осцилляции	0,20

Сорт Грация, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2019 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,29
Минимум	1,80
Размах вариации	0,49
Среднее линейное отклонение	0,16
Дисперсия по генеральной совокупности	0,04
Дисперсия по выборке	0,05
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,19
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,22
Коэффициент вариации	0,11
Коэффициент осцилляции	0,25

Сорт Светлая, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2020 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,38
Минимум	1,95
Размах вариации	0,43
Среднее линейное отклонение	0,17
Дисперсия по генеральной совокупности	0,03
Дисперсия по выборке	0,04
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,18
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,21
Коэффициент вариации	0,10
Коэффициент осцилляции	0,20

Сорт Грация, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2019 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,18
Минимум	1,76
Размах вариации	0,42
Среднее линейное отклонение	0,13
Дисперсия по генеральной совокупности	0,02
Дисперсия по выборке	0,03
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,15
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,18
Коэффициент вариации	0,09
Коэффициент осцилляции	0,22

Сорт Светлая, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2020 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,26
Минимум	1,98
Размах вариации	0,28
Среднее линейное отклонение	0,11
Дисперсия по генеральной совокупности	0,01
Дисперсия по выборке	0,02
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,12
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,13
Коэффициент вариации	0,06
Коэффициент осцилляции	0,13

Сорт Ли́ра, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2020 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,42
Минимум	2,08
Размах вариации	0,34
Среднее линейное отклонение	0,11
Дисперсия по генеральной совокупности	0,02
Дисперсия по выборке	0,02
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,13
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,15
Коэффициент вариации	0,07
Коэффициент осцилляции	0,15

Сорт Гра́ция, фаза обработки: R1 – начало цветения, 2020 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,36
Минимум	2,00
Размах вариации	0,36
Среднее линейное отклонение	0,11
Дисперсия по генеральной совокупности	0,02
Дисперсия по выборке	0,02
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,14
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,16
Коэффициент вариации	0,07
Коэффициент осцилляции	0,17

Сорт Ли́ра, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2020 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,27
Минимум	2,06
Размах вариации	0,21
Среднее линейное отклонение	0,06
Дисперсия по генеральной совокупности	0,01
Дисперсия по выборке	0,01
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,08
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,09
Коэффициент вариации	0,04
Коэффициент осцилляции	0,10

Сорт Гра́ция, фаза обработки: R3 – образование плодов, 2020 г.

Показатель вариации	Значение
Максимум	2,18
Минимум	1,98
Размах вариации	0,20
Среднее линейное отклонение	0,07
Дисперсия по генеральной совокупности	0,01
Дисперсия по выборке	0,01
Среднеквадратическое отклонение генеральное	0,08
Среднеквадратическое отклонение по выборке	0,09
Коэффициент вариации	0,04
Коэффициент осцилляции	0,10

Приложение Р

Влияние обработки биологически активными веществами сортов сои различного эколого-географического происхождения на сбор белка, кг/га

Сорта	Контроль без обработки	Обработка в фазу R1 – начало цветения				Обработка в фазу R3 – образование плодов				НСР ₀₅
		Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	Флоравит	Эпин-Экстра	Циркон	Силиплант	Флоравит	
<i>2016</i>										
Светлая	751	763	881	922	873	796	808	844	861	41
Ли́ра	712	763	778	829	844	727	734	782	800	37
Гра́ция	694	795	814	848	855	743	780	806	818	39
<i>2017</i>										
Светлая	715	727	873	909	885	698	804	844	869	42
Ли́ра	694	705	818	815	859	727	800	807	829	38
Гра́ция	668	675	825	825	863	660	731	780	840	36
<i>2018</i>										
Светлая	670	682	698	885	844	662	670	861	828	39
Ли́ра	668	679	705	756	837	839	745	749	800	36
Гра́ция	645	649	698	743	833	638	709	731	795	38

Продолжение приложения Р										
2019										
Светлая	694	711	747	897	853	698	727	877	828	40
Ли́ра	679	690	712	756	859	683	705	763	829	37
Гра́ция	668	675	694	743	859	660	705	743	818	39
2020										
Светлая	780	792	804	966	909	804	832	918	901	42
Ли́ра	752	763	778	800	888	756	771	785	833	40
Гра́ция	743	750	773	795	885	743	758	780	818	38
НСР ₀₅	34	37	40	44	42	38	36	42	43	-

Приложение С

Урожайность семян и сбор белка сортов сои различного эколого-географического происхождения в разные по метеорологическим условиям
ГОДЫ

Сорт	Урожайность, т/га			Сбор белка, кг/га		
	ГТК < 0,7	ГТК = 0,7–1,4	ГТК > 1,4	ГТК < 0,7	ГТК = 0,7–1,4	ГТК > 1,4
Магева	1,42	2,08	2,24	557	815	878
Окская	1,56	2,18	2,28	607	848	887
Светлая	1,48	2,21	2,27	601	897	922
Касатка	1,05	1,86	1,98	414	733	780
Георгия	1,54	2,21	2,32	596	855	898
Лира	1,67	2,45	2,52	613	899	925
Аванта	1,44	2,38	2,45	553	914	941
Бара	1,52	2,42	2,47	596	949	968
Персона	1,62	2,18	2,25	612	824	851
Умка	1,57	2,23	2,42	617	876	951
Лидия	1,36	2,14	2,17	524	824	835
Грация	1,38	2,12	2,21	518	795	829
НСР ₀₅	0,05	0,09	0,11	23	38	42

Приложение Т

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ОГБПОУ «Шиловский
 агротехнологический техникум»
 О.О. Яковлев
 23 октября 2020г.

АКТ

от «23» октября 2020г.

проведения производственной проверки результатов опыта Бельшковой М.Е. (ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ») по оценке приемов возделывания сои в ОГБПОУ «Шиловский агротехнологический техникум» Шиловского района Рязанской области

Настоящим актом подтверждается, что в 2020 г. в Учебном хозяйстве ОГБПОУ «Шиловский агротехнологический техникум» Шиловского района Рязанской области на площади 45 га была проведена производственная проверка сортов сои Светлая, Касатка, Аванта, Бара, Лидия и Грация. Варианты с обработкой растений в фазу бутонизации препаратами Силиплант и Флоравит, а также без обработки. Результаты приведены в таблице.

Таблица – Урожайность сортов сои, т/га

Сорта	Обработка биопрепаратами				Без обработки (контроль)
	Силиплант	± к контролю, %	Флоравит	± к контролю, %	
Светлая	2,12	+13,4	2,08	+11,2	1,87
Касатка	1,78	+6,6	1,75	+4,8	1,67
Аванта	1,94	+11,5	1,87	+7,5	1,74
Бара	1,92	+7,9	1,85	+3,9	1,78
Лидия	1,87	+10,7	1,77	+4,7	1,69
Грация	2,09	+14,2	1,98	+8,2	1,83
В среднем	1,95	+10,7	1,88	+6,7	-

Применение биопрепаратов обеспечило прибавку урожайности в среднем на 10,7 % при применении препарата Силиплант и на 6,7 % – препарата Флоравит. Наиболее значимые прибавки были отмечены у сортов Светлая (+13,4 %), Аванта (+11,5 %), Лидия (+10,7 %) и Грация (+14,2 %) при обработке Силиплантом, и у сортов Светлая (+11,2 %), Аванта (+7,5 %) и Грация (+8,2 %) при обработке Флоравитом.


Члены комиссии

Директор ОГБПОУ «Шиловский
 агротехнологический техникум»
 Кандидат с.-х. наук



О.О. Яковлев
 М.Е. Бельшкова

Приложение У

УТВЕРЖДАЮ
 Директор ОГБПОУ «Шиловский
 агротехнологический техникум»

 О.О. Яковлев
 « 08 » октября 2019 г.

АКТ

от «08» октября 2019 г.

проведения производственной проверки результатов опыта
 Большиной М.Е. (ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр
 ВИМ») по оценке приемов возделывания сои в ОГБПОУ «Шиловский
 агротехнологический техникум» Шиловского района Рязанской области

Настоящим актом подтверждается, что в 2019 г. в Учебном хозяйстве
 ОГБПОУ «Шиловский агротехнологический техникум» Шиловского района
 Рязанской области на площади 80 га была проведена производственная
 проверка приемов возделывания сортов сои Светлая, Аванта и Грация.
 Результаты приведены в таблице.

Таблица – Влияние способа посева и нормы высева семян на урожайность
 сои

Способ посева	Сорт	Норма высева всхожих семян, тыс. шт./га			
		400	500	600	В среднем
Широкорядный	Светлая	1,87	2,15	2,08	2,03
Рядовой		1,54	1,98	2,11	1,88
Широкорядный	Аванта	1,74	1,96	1,89	1,86
Рядовой		1,96	1,84	2,05	1,95
Широкорядный	Грация	1,87	2,15	2,04	2,02
Рядовой		1,78	1,82	2,19	1,93

Наибольшая урожайность семян у всех сортов была при широкорядном
 посеве и норме высева 500 тыс. всхожих семян на га и при обычном рядовом
 посеве и норме высева 600 тыс. всхожих семян на га, составив
 соответственно у сорта Светлая 2,15 и 2,11 т/га, у сорта Аванта 1,96 и 2,05
 т/га и у сорта Грация 2,15 и 2,19 т/га.

Члены комиссии
 Директор ОГБПОУ «Шиловский
 агротехнологический техникум»
 Кандидат с.-х. наук



О.О. Яковлев
 М.Е. Большина

Приложение Ф

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2717979

Способ выращивания сои

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (RU)*

Автор: *Бельшикина Марина Евгеньевна (RU)*

Заявка № 2019131923

Приоритет изобретения 10 октября 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 27 марта 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 10 октября 2039 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



Приложение X

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2712501

Способ выращивания сои

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева"* (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева) (RU)

Автор: *Бельшикина Марина Евгеньевна* (RU)

Заявка № 2019115656

Приоритет изобретения 22 мая 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 29 января 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 22 мая 2039 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ислюев



Приложение Ц

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620904

**«Алгоритм подбора модели сорта сои с учетом
агроклиматических условий региона возделывания»**

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)
(RU)**

Авторы: **Белышкина Марина Евгеньевна (RU), Загоруйко
Михаил Геннадьевич (RU)**

Заявка № 2022620649

Дата поступления 06 апреля 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 21 апреля 2022 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

Приложение Ч

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022620837

Оценка агроклиматических условий и прогноз
смещения северной границы возделывания сои в
условиях Центрального района Нечерноземной зоны

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)*
(RU)

Авторы: *Бельшикина Марина Евгеньевна (RU), Загоруйко
Михаил Геннадьевич (RU)*

Заявка № 2022620658

Дата поступления 06 апреля 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 18 апреля 2022 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов