

На правах рукописи



ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ
И ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКЦИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ
СОРТОВ СОИ**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта»

Научный консультант: **Лукомец Вячеслав Михайлович**
доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

Официальные
оппоненты:
Шевченко Сергей Николаевич,
доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН,
Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН,
заведующий отделом селекции

Асеева Татьяна Александровна,
доктор сельскохозяйственных наук,
член-корреспондент РАН, Дальневосточный научно-
исследовательский институт сельского хозяйства,
директор

Прянишников Александр Иванович,
доктор сельскохозяйственных наук,
член-корреспондент РАН, Акционерное общество
«Щелково Агрохим», директор департамента селекции
и семеноводства с/х культур

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Федеральный научный центр
зернобобовых и крупынных культур»

Защита диссертации состоится «17» марта 2026 г. в 10:00 ч на заседании диссертационного совета: 35.2019.05 на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 (гл. корпус, 1 этаж, ауд. 106).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» по адресу 350044, г. Краснодар, ул. Калинина 13 и на сайтах: университета – <http://www.kubsau.ru> и Высшей аттестационной комиссии – <http://https://vak.gisnauka.ru>

Автореферат разослан «29» декабря 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

А. В. Коваль

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Современное сельскохозяйственное производство развивается в условиях усиливающейся климатической нестабильности, сопровождающейся учащением периодов засухи, температурных стрессов и неравномерным распределением осадков. Это особенно актуально для Юга европейской части России, где устойчивое производство сои возможно лишь при создании сортов, способных адаптироваться к водному дефициту в критические фазы онтогенеза. В этой связи научно обоснованная селекция сортов сои с высокой стабильностью урожайности и адаптивностью к засушливым условиям приобретает стратегическое значение.

На каждом этапе селекционного процесса ставятся специфические задачи, и по мере накопления научных знаний эволюционируют как цели селекции, так и применяемые методы. Появление новых морфотипов, развитие агротехнологий, совершенствование переработки и реализация продукции, а также расширение генетического разнообразия исходного материала требуют постоянного уточнения критериев отбора и подходов к моделированию сорта. Не менее важным фактором является необходимость обеспечения высокой рентабельности и конкурентоспособности отечественных сортов в условиях рыночной экономики.

Одним из приоритетных направлений является выявление признаков, пригодных для визуальной и инструментальной оценки перспективных генотипов на ранних этапах селекционного процесса, особенно в гибридных и селекционных питомниках. В условиях дефицита влаги и высокой гетерогенности среды ключевое значение приобретают морфофизиологические характеристики, отражающие продукционный потенциал и устойчивость растений. Использование эволюционного подхода, ориентированного на отбор признаков, прошедших естественную и искусственную селекцию в заданных условиях, позволяет минимизировать потери на этапе отбора и повысить эффективность всего селекционного цикла.

Эффективность отбора в гибридном питомнике определяется способностью селекционера точно представить морфотип растения оптимальный для конкретной почвенно-климатической зоны. Это требует комплексного подхода, включающего учет физиологических закономерностей проявления признаков и свойств растений, условий размещения растений в ценозе, погодных факторов и других измеряемых и визуально оцениваемых параметров. На последующих этапах в селекционном питомнике возрастает значение количественных параметров, включая массу семян, биомассу, уборочный индекс, который в ряде случаев оказывается дополнительным надежным индикатором продуктивности.

В последние годы во многих научных учреждениях России, включая ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, активно внедряются оригинальные селекционные подходы. К числу таких достижений относятся методики получения гибридов путем естественного перекрестного опыления, разработка морфофизиологической модели высокопродуктивного сорта, а также методы оценки продуктивности на ранних этапах отбора. Практика подтверждает высокую результативность этих разработок: созданные сорта сои отличаются не только высокой потенциальной урожайностью

(свыше 4,5 т/га), но и стабильной продуктивностью в условиях засухи, что обеспечивает им широкое распространение и признание в производстве.

Таким образом, актуальность настоящего исследования определяется необходимостью научного обоснования новых критериев и подходов к отбору адаптивных и продуктивных генотипов сои с учетом региональной специфики, физиологических закономерностей формирования отдельных признаков и свойств растения и селекционного опыта, накопленного в условиях Юга европейской части России.

Степень разработанности темы. Проблематика моделирования сорта как системы целевых характеристик растения в контексте повышения эффективности селекции активно изучалась многими исследователями (Ала А.Я., 1982; Баранов В.Ф., 2007; Ващенко А.П., 1985; Григорьева А.В., 2013; Ермолина О.В., 2011; Зеленов А.Н., 2000; Коновалов Ю.Б., 2013; Корсаков Н.И., 1975; Лещенко А.К., 1987; Новоселов С.Н., 2006; Посыпанов Г.С., 1984; Старжицкий Ст., 1981; Толоконников В.В., 2013; Kang M.S., 1997; Todeschini M.H., 2019). Особое внимание уделяли установлению корреляций между урожайностью и ее элементами, однако практика показала, что использование этих связей как основных селекционных критериев не всегда дает ожидаемый эффект (Соколов С.М., 1985). Это обусловлено тем, что продуктивность зависит не только от отдельных компонентов, но и от их взаимодействия с условиями внешней среды. В связи с этим возникает необходимость в системном подходе, включающем морфофизиологические, биохимические, фенологические и экологические параметры формирования урожайности.

Важным направлением в изучении эффективности селекционного процесса стало применение ретроспективного анализа, позволяющего проследить селекционные сдвиги и изменения признаков, определяющих адаптивный потенциал и продуктивность сортов (Мудрова А.А., 2004; Новиков А.В., 2012; Пыльнев В.В., 1997; Cox T.S., 1988; Fox C.M., 2013; Jin J., 2010; Koester R.P., 2014; Morrison M.J., 2000; Rincker K., 2014; Rogers J., 2015; Wu T., 2015). Такой подход позволяет не только объективно оценить прогресс в селекции, но и выявить признаки, играющие ключевую роль в филогенезе культуры. Ретроспективный анализ успешно применялся в селекционных исследованиях сои в различных странах, включая работы (Мирошниченко М.В., 2005; Buttery B.R., 1972; de Felipe M., 2016; Larson E.M., 1981; Morrison M.J., 2000; Qin X., 2017; Ramteke R., 2011; Todeschini M.H., 2019; Umburanas R.C., 2022; Voldeng H.D., 1997), где были выявлены как общие тенденции, так и регионально-специфические особенности селекционного процесса.

В то же время очевидно, что агроклиматические условия региона возделывания во многом определяют реализацию признаков продуктивности и устойчивости. Это требует уточнения подходов к моделированию сорта в региональном разрезе. В условиях Юга европейской части России с характерной неустойчивостью водоснабжения в критические фазы развития растений особенно актуально учитывать признаки, определяющие адаптацию генотипов к засухе, конкурентной среде и пространственной структуре посевов.

Особое внимание в современных исследованиях уделяется необходимости разработки объективных и стабильных критериев отбора, применимых в

селекционных питомниках. Наиболее перспективным и воспроизводимым признаком, позволяющим дифференцировать генотипы по продуктивности в условиях стресса, признан уборочный индекс. Его высокая селекционная информативность подтверждена в работах последних лет, а также в рамках настоящего исследования. Разработка подходов к использованию уборочного индекса в сочетании с учетом групп спелости и погодных условий вегетационного периода представляет собой важное направление для дальнейшего повышения результативности селекционного отбора.

Несмотря на наличие общих принципов отбора, до настоящего времени не проводилось комплексное исследование, интегрирующее морфофизиологический, физиологический и агроэкологический подходы к построению модели раннеспелого сорта сои, способного сохранять продуктивность в стрессовых условиях. Также ранее отсутствовала комплексная методология, позволяющая эффективно применять принципы оценки генотипов в селекционном питомнике в условиях специфики южных регионов России. Настоящая работа восполняет данный пробел, предлагая методически и экспериментально обоснованные решения для повышения результативности селекции сои в условиях Юга европейской части России.

Цель исследований – изучение особенностей производственного процесса сортов сои разных лет селекции, определение критериев отбора растений в гибридных популяциях и селекционном питомнике и создание на основе анализа результатов высокоурожайных сортов сои для условий усугубляющейся нестабильности климата Юга европейской части России.

Задачи исследований:

1. Определить тенденции изменений морфологических характеристик, физиологических параметров и технологических свойств у раннеспелых сортов сои, обусловленных селекционной работой, направленной на повышение продуктивности культуры, а также определить потенциал для совершенствования данных показателей.
2. Разработать модель высокопродуктивного раннеспелого сорта сои для возделывания на Юге европейской части России.
3. Определить соответствие современных раннеспелых сортов сои разработанной модели сорта.
4. Разработать способ раздельной оценки потенциалов урожайности и адаптивности генотипов сои к климату юга России, приспособленность к которому определяется степенью устойчивости к июльско-августовским засухам.
5. Оценить пригодность различных параметров (экологического стандартного отклонения S_i , коэффициента регрессии b_i и индекса устойчивости к стрессам) для комплексной характеристики адаптивности генотипов сои к условиям среды с учетом различий в потенциальной продуктивности и продолжительности вегетации.
6. Выявить эффективность отбора фенотипически выровненных потомств сои в различных поколениях (F_3 – F_6) гибридных популяций с точки зрения

урожайности, а также определить оптимальные сроки и подходы к отбору в селекционном процессе.

7. Выявить закономерности изменения уборочного индекса у генотипов сои при различной густоте стояния растений и при влиянии межгенотипической конкуренции в условиях разного влагообеспечения, оценить его пригодность в качестве стабильного критерия продуктивности и адаптивности генотипов.

8. Определить оптимальную конфигурацию делянки в селекционном питомнике и оценить объективность оценки по массе семян и уборочному индексу в качестве надежных селекционных критериев при отборе продуктивных генотипов.

9. Выявить влияние межгенотипической конкуренции соседних рядов и вклада краевых растений в оценку хозяйственно ценных признаков при учете урожайности на делянках селекционного питомника.

10. Разработать научно обоснованные критерии оценок и отбора генотипов сои разных групп спелости в селекционном питомнике в зависимости от погодных условий вегетационного периода.

11. Создать высокопродуктивные сорта сои на основании разработанных модели и критериев оценки селекционного материала.

Научная новизна. Впервые проведен анализ результатов целенаправленной селекционной работы по созданию раннеспелых сортов сои в Краснодарском крае. Выявлены тенденции изменения важных хозяйствственно ценных признаков, способствующих повышению продуктивности и адаптивности. На основании полученных данных сформулированы морфофизиологические параметры раннеспелых сортов сои, обладающих потенциальной урожайностью более 4,0 т/га, для различных условий влагообеспеченности Юга европейской части России.

Впервые в условиях юга России проведено сравнительное испытание фенотипически выровненных потомств, отобранных в поколениях от F_3 до F_6 , с анализом их урожайности и расщепления по морфологическим признакам. Установлено, что высокая урожайность может быть достигнута при отборе фенотипически выровненных растений уже в F_3 . Отбор в более поздних поколениях (F_6) не всегда приводит к более высокой урожайности.

Впервые установлена сортоспецифическая реакция уборочного индекса сои на изменения густоты стояния растений, межгенотипическую конкуренцию, краевой эффект в условиях контрастного влагообеспечения, что позволяет использовать этот показатель как надежный критерий оценки адаптивности и продуктивности генотипов. Впервые проведено комплексное многолетнее сравнение различных типов селекционного питомника сои с целью объективной оценки потенциально высокопродуктивных генотипов. Установлено, что уборочный индекс более тесно коррелирует с урожайностью семян в конкурсном сортоиспытании, чем масса семян, и отличается большей стабильностью. Впервые установлена взаимосвязь между урожайностью семян, в зависимости от продолжительности вегетационного периода, и выбором селекционного критерия (масса семян или уборочный индекс) в селекционном питомнике в условиях конкретного года.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в расширении научных основ отбора сортов сои, адаптированных к условиям нестабильного увлажнения, на основе комплексного анализа морфофизиологических и технологических признаков, участвующих в формировании урожайности. Проведенное исследование позволяет по-новому оценить роль таких показателей, как продолжительность межфазных периодов, архитектоника растения, распределение генеративных органов по ярусам, донорно-акцепторные отношения, а также динамика накопления биомассы и функционирование фотосинтетического аппарата. Эти данные конкретизируют представления о морфофизиологических основах продукционного процесса у раннеспелых сортов сои и создают фундамент для построения физиологобоснованных моделей высокоурожайных генотипов.

Практическая значимость заключается в разработке методических подходов и критериев отбора, направленных на повышение эффективности селекционного процесса, в том числе в условиях засухи. В частности, доказана целесообразность применения уборочного индекса в качестве надежного показателя продуктивности и адаптивности, обладающего большей стабильностью по сравнению с урожайностью семян. Предложено использование данного показателя как дополнительного критерия оценки перспективных генотипов в селекционных питомниках независимо от условий года и конфигурации делянки. Получены доказательства эффективности раннего отбора фенотипически выровненных потомств одного растения в поколении F_3 , что способствует сокращению сроков создания сортов. Разработаны рекомендации по использованию коэффициента регрессии урожайности (b_i), экологического стандартного отклонения (Si) и индекса устойчивости к стрессу для комплексной оценки адаптивности с учетом продолжительности вегетации. Кроме того, уточнены подходы к организации селекционного питомника, в том числе с учетом межгенотипической конкуренции и роли краевых растений. Практические рекомендации, основанные на результатах исследования, позволяют оптимизировать схему посева, выбор критериев оценки и конфигурацию делянок, повысить объективность учета и точность отбора, тем самым повышая результативность селекции сортов сои в условиях рискованного земледелия.

Таким образом, результаты исследования имеют практическую ценность для селекционных учреждений, специализирующихся на создании сортов сои для зон рискованного земледелия, и могут быть непосредственно внедрены в программы селекционного отбора с целью повышения урожайности, устойчивости и адаптивности сортов к условиям Юга европейской части России.

Методология и методы исследований. Интегративный подход, объединяющий ретроспективный, морфофизиологический, индивидуальный и популяционный методы анализа, послужил методологической основой диссертационного исследования. Теоретическая часть работы построена на анализе доступных научных публикаций, рассматривающих аспекты продукционного процесса, механизмы адаптации сельскохозяйственных растений к неблагоприятным условиям, а также закономерности, лежащие в основе отбора и моделирования сортов. Особое внимание уделяли эволюционному подходу,

позволяющему оценить направленность селекционных изменений, происходивших в условиях конкретной агроэкологической зоны.

Экспериментальная часть была выполнена в условиях Юга европейской части России на базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. В исследовании использовались биометрические методы: измерение морфологических показателей, определение массы семян, биомассы, уборочного индекса, продолжительности межфазных периодов. Физиологический анализ включал исследование динамики накопления сухого вещества, донорно-акцепторных отношений и особенностей функционирования фотосинтетического аппарата. Для оценки адаптивности применяли коэффициенты регрессии урожайности (b_i), экологические стандартные отклонения (S_i) и индекс устойчивости к стрессу.

Обработку результатов проводили с использованием программных средств (Microsoft Office Excel) с применением методов вариационного, дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. Методическая основа проведения полевых опытов – методики в изложении Б.А. Доспехова (1985).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Модель высокопродуктивного раннеспелого сорта сои, основанная на параметрах онтогенетического развития и морфофизиологических особенностях растений сои, определяющих эффективность использования ассимилятов и реализацию генетического потенциала продуктивности в условиях недостаточного увлажнения Юга европейской части России.

2. Уборочный индекс как критерий засухоустойчивости и продуктивности, его реакция на густоту стояния растений, межделяночную, межгенотипическую конкуренцию, краевой эффект и конфигурацию делянки, а также применимость коэффициента регрессии (b_i) и экологического стандартного отклонения (S_i) для оценки адаптивности генотипов сои.

3. Методические аспекты создания, отбора, оценки генотипов сои разных групп спелости в селекционном питомнике в зависимости от погодных условий вегетационного периода и создание на их основе перспективных сортов.

Степень достоверности результатов исследований. Достоверность результатов исследования обеспечивается совокупностью факторов: проведением многолетних полевых экспериментов в условиях, типичных для зоны нестабильного увлажнения Юга европейской части России; достаточным объемом выборки и использованием повторностей, соответствующих требованиям биометрии; а также применением валидных статистических подходов. Данные обрабатывали с использованием методов однофакторного, двухфакторного и трехфакторного дисперсионного анализа, корреляционного и регрессионного анализов с учетом межгодовой и межгенотипической вариабельности. Учеты и анализ хозяйствственно ценных и физиологических признаков проводили в соответствии с общепринятыми методиками.

Дополнительным подтверждением достоверности служат результаты практического внедрения разработанных методик, а именно: создание и регистрация новых сортов сои, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Полученные данные

подтверждаются высокой воспроизводимостью результатов и повторяемостью эффектов в разные годы наблюдений. Такая методическая и эмпирическая обоснованность гарантирует надежность полученных выводов и практическую применимость рекомендаций.

Апробация работы. Результаты работы доложены на международных и всероссийских конференциях, форумах, семинарах, в том числе: конференции получателей грантов регионального конкурса Российского фонда фундаментальных исследований и администрации Краснодарского края «Юг» «Вклад фундаментальных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края» (Краснодар, 2008); научно-практической конференции грантодержателей РФФИ и администрации Краснодарского края «Вклад фундаментальных научных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края» (Краснодар, 2009); Международной научно-практической конференции «Интенсификация и оптимизация производственного процесса сельскохозяйственных растений» (Орел, 2009); научно-практической конференции Кубанского отделения ВОГиС «Роль ВОГиС в современном научном мире» (Краснодар, 2009); Всероссийской школе молодых ученых (Краснодар, 2009); Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития селекции, семеноводства и размножения растений в связи с импортозамещением в агропромышленном комплексе Российской Федерации» (Ялта, 2016); третьей Всероссийской научной конференции по сою «Перспективы развития отечественной селекции, семеноводства и технологий возделывания сои в условиях импортозамещения» (Краснодар, 2016); Международной научно-практической конференции «Теория и практика адаптивной селекции растений (Жученковские чтения VI)» (Краснодар, 2020); International Scientific and Practical Conference «Current Issues of Biology, Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops» (CIBTA2022) (To the 110th anniversary of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops) (Краснодар, 2022); Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие агропромышленного комплекса: новые подходы и актуальные исследования» (Краснодар, 2024).

Публикация результатов исследования. По материалам исследований опубликовано 67 научных работ, в том числе 32 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получено 20 патентов на селекционные достижения. Соискатель является соавтором 20 сортов сои, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Славия, Чара, Олимпия, Селена, Ирбис, Пума, Вита, Барс, Иней, Баргузин, Вилана бета, Грея, Саяна, Триада, Любава, Елисей, Рысь, Забава, Мамонт, Себур.

Личный вклад соискателя. Вклад автора состоит в непосредственном участии при формулировании темы, актуальности и научной проблемы, цели и задач исследований, составлении плана выполнения работ, разработке методических подходов к реализации замысла и схем постановки полевых и лабораторных опытов. Все теоретические и экспериментальные исследования, выполнены лично автором, либо совместно с научными сотрудниками отдела сои ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Автором также выполнена обработка, систематизация,

интерпретация полученных экспериментальных данных и статистический анализ. Сформулированы научные положения, основные выводы и практические рекомендации, направленные на повышение эффективности селекционного процесса. По материалам диссертационного исследования подготовлены публикации в научных изданиях, доклады на конференциях различного уровня, а также написаны тексты диссертации и автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 389 страницах компьютерного текста. Состоит из введения, 10 глав, заключения, рекомендаций для селекционной практики, списка литературы, приложений. Диссертация содержит 126 таблиц, 39 рисунков, 6 приложений. Список литературы включает 404 источника, в том числе 130 – иностранных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 Генетическое улучшение растений и методов отбора (обзор литературы). Представлен аналитический обзор отечественной и иностранной научной литературы, отражающий основные вопросы диссертационной работы. Рассмотрена применимость разных подходов к моделированию параметров сортов, в том числе с использованием ретроспективного метода и учетом проявления признаков в разных условиях среды. Обсуждены физиологоморфологические аспекты продуктивности растений сои, изучена роль показателя уборочный индекс в селекции сельскохозяйственных культур. Рассмотрены вопросы эффективности отбора перспективных генотипов в селекционном и гибридном питомниках.

2 Почвенно-климатические условия, исходный материал и методика проведения исследований

2.1 Почвенно-климатические условия при проведении опытов. Исследования проводили в 2001–2024 гг. на полях селекционного севооборота ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в рамках выполнения государственных заданий на проведение научно-исследовательских работ. Опытные поля расположены в третьем агроклиматическом районе в пределах второй надпойменной террасы реки Кубань, на землях, прилегающих к северо-восточной окраине города Краснодара. Почвенный покров опытных участков представлен черноземом выщелоченным слабогумусным сверхмощным. Климат зоны исследований умеренно увлажненный, жаркий, с суммой температур выше 3400–3800 °C континентального типа. В последние годы в Западном Предкавказье заметно увеличилось количество лет с интенсивными и обильными осадками в конце весны. При этом во второй половине лета все чаще отмечается существенное сокращение количества осадков вплоть до их полного отсутствия. Однако в отдельные годы выпадение осадков в летние месяцы заметно превышает среднемноголетние показатели. Годовая сумма осадков в окрестностях селекционного севооборота ВНИИМК в среднем за 100 лет составила 677,0 мм, за 30-летний период – на 57,9 мм больше (734,9 мм). За 24-летний период проведения экспериментов меньшее количество осадкой выпадало, как и за 100-летний период, в августе, также уменьшилось и их количество – с 46,0 до 34,3 мм.

Расчет гидротермического коэффициента показал, что за 24 года избыточным увлажнением отличались только два года (2002 и 2004 гг.), четыре

года – обеспеченным (2015, 2016, 2021 и 2022 гг.), 12 лет – недостаточным (2001, 2005, 2006, 2009, 2011, 2013, 2014, 2017–2020, 2023 гг.), пять лет характеризовались дефицитом влаги (2003, 2008, 2010, 2012, 2024 гг.) и один год – большим дефицитом влаги (2007 г.).

2.2 Материал, схема и методика исследований. Посев производили селекционной сеялкой СКС-6А, широкорядным способом (междурядье – 45 или 70 см) из расчета 300 тысяч растений на гектар за исключением опытов с различной густотой стояния растений. Опытные делянки длиной от 2,5 до 10 м, от одного до пяти учетных рядов. В зависимости от методики опыта уборку проводили либо вручную, посредством срезания растений учетных рядов серпом с последующим обмолотом снопов селекционным комбайном либо прямым комбайнированием. Перед обмолотом учитывали массу снопов для дальнейшего расчета уборочного индекса (отношение массы семян к общей массе снопа). Биохимический состав семян определяли при помощи инфракрасных анализаторов ИК-4500, MATRIX-I.

Ретроспективный анализ раннеспелых сортов сои включал изучение пяти сортов, отражающих целенаправленную 15-летнюю сортосмену сортов этой группы спелости в регионе (включены в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в 1994–2007 гг.), в 2006–2009, 2011–2012 гг. Валидацию разработанной методики проводили в 2016–2017 гг. на четырех новых раннеспелых сортах сои, допущенных к использованию или проходивших государственное сортоиспытание в 2009–2018 гг. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения (отмечали сроки: полных всходов, начало и окончание цветения, дату созревания). Элементы структуры урожая определяли методом пробных снопов. Учетная площадь – 1 м², повторность – двукратная.

Продуктивность семяобразования рассчитывали, как процентное отношение числа выполненных семян к числу всех семязачатков в бобах. Динамику накопления сухого вещества в онтогенезе – весовым методом, площадь листьев – методом высечек (учетная площадь – 0,5 м², повторность трехкратная) (Ничипорович А.А., 1961). Скорость роста растений и отдельных его органов по периодам развития определяли по результатам учета количества сухого вещества, формируемого единицей площади посева за определенный промежуток времени (количество дней между датами наступления последовательных фенологических фаз). Удельную поверхностную плотность листа (УПП) рассчитывали по отношению его сухой массы к площади.

Оценку потенциалов урожайности и засухоустойчивости, определение взаимосвязи между параметрами экологической стабильности и адаптивности проводили на 12 среднераннеспелых сортах сои четырех периодов селекции в течение девяти лет. Индекс (коэффициент) засухоустойчивости определяли, как выраженное в процентах отношение оценок урожайности сортов в условиях засухи к величинам их урожаев при хорошей влагообеспеченности. При этих вычислениях усредняли оценки урожайности каждого сорта за три наименее урожайных и три благоприятных года. Для оценки адаптивности применяли коэффициенты регрессии урожайности (b_i), экологические стандартные отклонения (S_i) и индекс устойчивости к стрессу. На этой же группе сортов плюс один позднеспелый сорт Пламя изучали изменение уборочного индекса в

зависимости от густоты стояния растений. Тринадцать сортов высевали из расчета получения густоты стояния 100, 300 и 600 тысяч растений на гектар. С целью изучения межгенотипической конкуренции на этом же наборе сортов были заложены делянки с каждым сортом по отдельности (монопосев) и каждый в смеси с сортом Вилана в соотношении один к одному.

Сравнение линий сои по урожайности семян, отобранных в разных поколениях гибридного питомника от F_3 до F_6 , проводили в четырех гибридных комбинациях. Отбирали лучшие максимально визуально выровненные линии в каждом поколении. В 2013 и 2014 гг. отобранные линии высевали на делянках с защитными рядами в трехкратной повторности по типу питомника предварительного сортоиспытания.

Типы изучаемых селекционных питомников: СП-1 – однорядная делянка длиной 2,5 м без повторностей, площадью 1,75 m^2 ; СП-2 – двухрядная делянка длиной 2,5 м без повторностей, площадью 3,5 m^2 ; СП-3 – однорядная делянка длиной 5,0 м без повторностей, площадью 3,5 m^2 .

Межделяночную конкуренцию сортов сои в селекционных питомниках разного типа изучали в 2017, 2018, 2020 гг. Материалом для исследований служили сорта сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК Лира, Славия и Вилана. Влияние краевого эффекта изучали в 2020 г. на сортах Лира, Славия, Вилана и генотипах контрольного питомника, убирая ряды с краевыми растениями и без них, а также в 2004 и 2005 гг. на сортах Дельта и Вилана. На одном участке высевали сорта с дорожками между ярусами, ширина ярусов составляла 3 и 5 м, и высевали массив, в котором при уборке отмеряли 3 и 5 м. Отдельно убирали по 1, 2, 3 и 5 рядков каждого варианта.

Математическая обработка результатов исследований проведена автором на персональном компьютере с помощью Microsoft Office Excel методами дисперсионного и корреляционного анализов, а также программ для проведения однофакторного, двухфакторного и трехфакторного дисперсионного анализа с повторениями по методикам в изложении Доспехов Б.А. (1985 г.).

3 Хозяйственно-биологическая характеристика раннеспелых сортов сои разных лет селекции содержит сравнительную оценку пяти раннеспелых сортов сои, созданных в разные годы.

3.1 Хозяйственно-биологические признаки. Изучение сортов показало, что в результате селекции высота растений не только не уменьшилась, как это произошло у многих сельскохозяйственных культур, а практически не изменилась, исключение составляет один сорт Армавирская 2 (таблица 1). Последние созданные сорта имели среднюю высоту растений 105 см. Все изучаемые сорта хорошо приспособлены к механизированной уборке, поскольку характеризуются высоким прикреплением нижних бобов. При этом отмечена отрицательная корреляция этого показателя ($r = -0,88$) с урожайностью, из чего следует, что у большинства сортов, особенно Быстрица 2, Армавирская 2 и Дуар, она избыточна.

Наибольшее число ветвей формировалось у сортов Быстрица 2, Армавирская 2 и Дуар. Сорта Дельта и Альба обладают наименьшим количеством ветвей на растении. Анализ данных свидетельствует о том, что этот признак отрицательно связан с урожайностью растений ($r = -0,80$). Отмечена неоднородность доли вклада генеративных органов главного побега в урожайность. У сортов Быстрица 2

и Альба соотношение примерно одинаковое. Сорт Армавирская 2 в большей части формирует урожай на ветвях, а сорта Дельта и Дуар – на главном стебле.

Таблица 1 – Высота растений и некоторые морфологические признаки раннеспелых сортов сои разных лет селекции, среднее за 2007, 2009, 2012 гг.

Сорт	Год включения сорта в Госреестр	Вегетационный период, сутки	Высота растения, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Количество ветвей на растении, шт.	Доля участия главного побега в урожайности, %
Быстрица 2	1994	108	114	22	2,8	51
Армавирская 2	2000	110	79	19	2,8	43
Дельта	2003	112	103	15	1,8	58
Дуар	2005	110	100	20	2,7	54
Альба	2007	110	109	19	2,0	49
HCP ₀₅	–	–	4,0	2,2	0,6	–

Сорта, формирующие урожай в равных долях или больше за счет главного стебля, характеризуются меньшим числом бобов на растении, по сравнению с сортом Армавирская 2, при этом значительных отличий по числу бобов на 1 узел не отмечено (таблица 2). Преимущество по количеству семян с растения показал самый современный сорт Альба, также демонстрируя преимущество и по количеству семян в бобе. Связь между количеством бобов на растении, бобов в одном узле, семян в бобе и продуктивностью характеризуется как слабая или очень слабая, в то время как с массой 1000 семян и количеством семян на растении – высокая, причем эти два показателя не компенсируют, а дополняют друг друга ($r = 0,70$). Таким образом в процессе селекции раннеспелых сортов произошло уменьшение числа ветвей и бобов на растении при одновременном росте числа семян в бобе и на растении, крупности семян при стабильном количестве бобов на один узел.

Таблица 2 – Характеристика раннеспелых сортов сои разных лет селекции по элементам структуры урожая, среднее за 2007, 2009, 2012 гг.

Сорт	Количество бобов, шт.		Количество семян, шт.		Масса 1000 семян, г
	на 1 растении	на 1 узел	на 1 растении	в 1 бобе	
Быстрица 2	34	2,04	71	2,08	116
Армавирская 2	48	2,12	80	1,66	133
Дельта	40	2,06	82	2,06	169
Дуар	37	2,06	75	1,99	117
Альба	43	2,08	93	2,18	149
HCP ₀₅	5,2	F _φ <F _T	7,9	0,16	7,4

Высокоурожайные генотипы сои характеризуются ранним переходом к этапу цветения и большей продолжительностью этой фазы. Короткий межфазный период до начала цветения обеспечивает ранний переход растений к критической по водопотреблению генеративной фазе, что в годы с дефицитом осадков позволяет более рационально использовать сокращающиеся запасы почвенной влаги, а во влажные – не позволяет растениям формировать избыточно большую вегетативную массу с мощной листовой поверхностью.

Сравнение сортов по длительности этих периодов показало, что сорт Дельта характеризуется самым ранним наступлением фазы цветения при самом продолжительном цветении, несколько позже зацветал и меньше цветел сорт Альба (таблица 3). Недостатком сорта Армавирская 2 является позднее начало и быстрое окончание цветения, что делает этот сорт менее адаптированным к условиям неустойчивого увлажнения Юга европейской части России.

Таблица 3 – Биологический урожай, урожайность семян, уборочный индекс и продолжительность межфазных периодов у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, среднее за 2006–2009, 2011–2012 гг.

Сорт	Биологический урожай, г/м ²	Урожайность семян, г/м ²	Уборочный индекс	Продолжительность периода, сутки		
				всходы – начало цветения	начало цветения – конец цветения	конец цветения – созревание
Быстрица 2	557	129	0,21	38	36	34
Армавирская 2	534	148	0,26	39	26	46
Дельта	566	184	0,31	32	41	39
Дуар	542	165	0,29	39	34	37
Альба	592	202	0,33	37	37	36
HCP ₀₅	28,9	9,9	0,02	–	–	–

3.2 Семенная и биологическая урожайность. Изучение биологической урожайности показало, что сорта Быстрица 2, Армавирская 2 и Дуар несколько уступали сорту Альба, а сорт Армавирская 2 и сорт Дельта по этому показателю (таблица 3). В среднем за шесть лет самую низкую урожайность семян сформировал самый «старый» сорт Быстрица 2 (129 г/м²), на 19 г/м² превысил этот показатель сорт Армавирская 2. Самый новый из изучаемых сортов Альба во все годы характеризовался наивысшей урожайностью семян. На уровне этого сорта в некоторые годы формировали урожай семян сорта Дельта и Дуар. При этом в среднем за 6 лет сорт Дельта был на втором месте, а Дуар – на третьем. Таким образом, полученные данные свидетельствуют об увеличении урожайности семян раннеспелых сортов сои в результате селекционной проработки во ВНИИМК на 56 кг/га в год.

В первую очередь сою во всем мире выращивают для получения высококачественного белка. Варьирование этого признака довольно широкое – от 32 до 48 %. Содержание его в обычных зерновых сортах находится на уровне 36–40 %. В процессе селекционной проработки содержание масла и белка в семенах сои существенно не изменилось, при этом современные сорта с более высокой семенной продуктивностью накапливают больше белка и масла на единице площади. Содержание ингибитора трипсина (ТИА) у самого старого и последнего по времени создания сортов Быстрица 2 и Альба выше, чем у других изучаемых сортов. Данные доказывают возможность снижения этого показателя без изменения содержания белка в семенах.

3.3 Особенности производственного процесса у раннеспелых сортов сои разных лет селекции. Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют, что современные сорта сои формируют более высокую урожайность семян за счет

изменения донорно-акцепторных отношений между вегетативной и репродуктивной частями растения. Это наглядно показывают более высокие показатели уборочного индекса у этих сортов. Так, последние по времени создания три сорта накапливали в семенах в среднем 29–33 % пластических веществ, в то время как у сортов, созданных ранее, этот показатель был на 5–12 % меньше (таблица 3).

Изучаемые сорта значительно отличались между собой по темпам накопления сухого вещества растениями. Медленнее всех на начальных этапах развития (от всходов до начала цветения) накапливал биомассу сорт Дельта – 2,68 г/м² в сутки, быстрее всех – сорт Даур – 3,68 г/м² в сутки. Остальные сорта накапливали 3,11–3,46 г/м² биомассы в сутки. Такие различия в темпах прироста сухого вещества привели к тому, что сорт Дельта к началу цветения накопил 82,3 г/м² сухого вещества, а сорт Даур – на 66 % больше (136,7 г/м²). Остальные сорта сформировали массу 115,1–124,7 г/м² (рисунок 1).

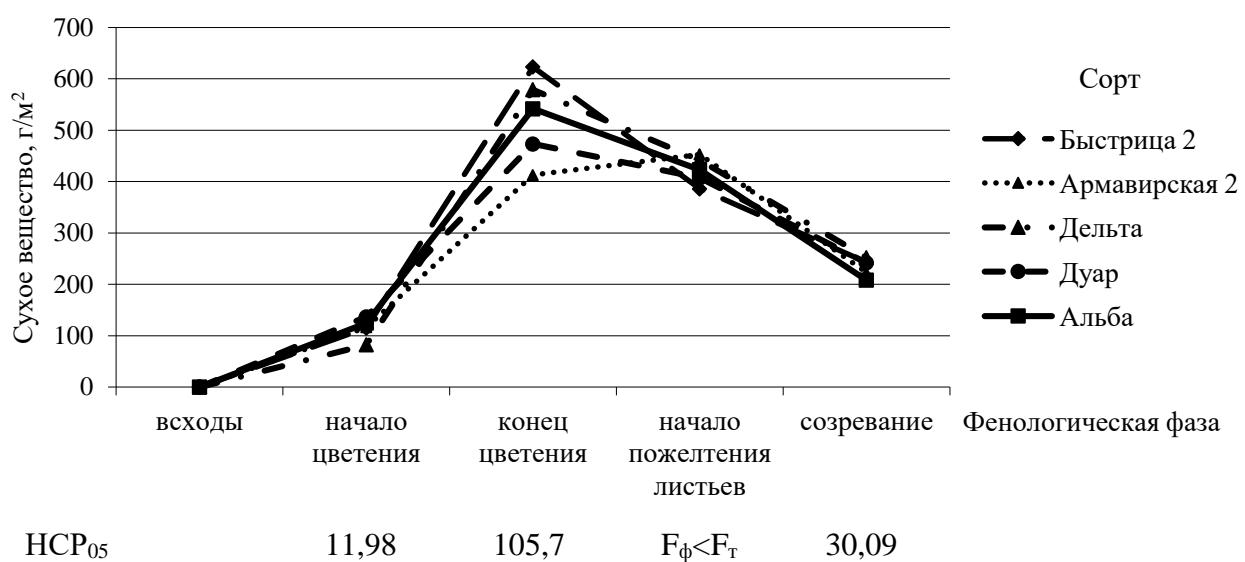


Рисунок 1 –Динамика накопления сухого вещества вегетативными органами растений раннеспелых сортов сои разных лет селекции, г/м²
(среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Отрицательная корреляционная связь между урожайностью и темпами прироста сухого вещества ($r = -0,82$) и сухой массой растений в начале цветения ($r = -0,82$) в более благоприятном 2009 г. свидетельствует об адаптивном преимуществе сортов с меньшими темпами прироста сухой массы и с меньшим количеством пластических веществ к переходу в генеративную fazу. Это позволяет растениям не расходовать зимние запасы влаги на построение излишне большой вегетативной массы в случае засухи. Данный показатель может быть критерием отбора адаптивных к летним засухам генотипов сои.

Отмечена разная реакция сортов на улучшение условий увлажнения. Средняя сухая масса растений пяти сортов в острозасушливом 2007 г. составила 468,4 г/м², в более благоприятном 2009 г. – 603,1 г/м², т. е. увеличилась на 28,7 %. При этом в более благоприятном году сорта Быстрица 2, Дельта и Альба накапливали на 33–36 %, а сорт Армавирская 2 – на 54 % больше сухого вещества. В этих же условиях Даур накопил массу растения на 5 % меньше, чем в 2007 г., что характеризует его как низкопластичный сорт.

Обращает на себя внимание динамика накопления сухой вегетативной массы растений в засушливые годы у сорта Армавирская 2. В то время как остальные изучаемые сорта уменьшали расход пластических веществ на образование вегетативных органов и ассимиляты полностью шли на формирование генеративной части растений, сорт Армавирская 2 продолжал тратить продукты фотосинтеза на формирование листьев и стеблей с рахисами.

Анализ отдельных вегетативных органов (листьев и стеблей с рахисами) позволил определить, что к началу пожелтения листьев у всех сортов уменьшалась сухая масса листьев за счет реутилизации питательных веществ в генеративные органы и их опадения. Уменьшалась и сухая масса стеблей с рахисами у сортов Быстрица 2, Дельта и Альба. У сортов Дуар и Армавирская 2 масса стеблей с рахисами, напротив, увеличилась. У сорта Дуар это увеличение было незначительно (5 %), а у сорта Армавирская 2 на 38 %.

Известно, что площадь листовой поверхности является одним из факторов, оказывающих влияние на уровень урожайности сельскохозяйственных растений. Особенно тесно эта связь прослеживается в годы с достаточным увлажнением в начале вегетации. Сорта с максимальной урожайностью формируют меньшую ассимилирующую поверхность ($r = -0,60$). Высокопродуктивные сорта сои формируют $4,4\text{--}5,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ к концу цветения (таблица 4).

Таблица 4 – Площадь листьев по fazам развития растений у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, $\text{м}^2/\text{м}^2$, среднее за 2007, 2009, 2012 гг.

Сорт	Начало цветения	Конец цветения	Начало пожелтения листьев
Быстрица 2	1,46	4,44	1,64
Армавирская 2	1,59	3,89	2,72
Дельта	1,14	5,09	2,35
Дуар	2,11	4,29	2,49
Альба	1,69	4,41	2,35
HCP ₀₅	0,25	0,61	0,41

Изучаемые сорта отличались не только по индексу листовой поверхности, но и по темпам ее прироста. Ранги у сортов менялись по времени вегетации и соответствовали рангам накопления сухой биомассы. Сорта Дельта и Быстрица 2 демонстрировали минимальный прирост листовой поверхности до начала цветения – $37,1\text{--}39,5 \text{ м}^2/\text{га}$ в сутки, а к концу цветения самая высокая скорость увеличения ассимиляционной поверхности была у сортов Дельта и Армавирская 2 – $93,4$ и $91,0 \text{ м}^2/\text{га}$ в сутки соответственно. Сорт Альба занимал промежуточные значения в оба периода, а сорт Дуар почти не менял скорость увеличения площади листьев: $56,4 \text{ м}^2/\text{га}$ в сутки к началу цветения и $61,2 \text{ м}^2/\text{га}$ в сутки к концу цветения.

Интенсивное увеличение площади листовой поверхности в период цветения может быть обусловлено необходимостью достижения определенных размеров для обеспечения высокой урожайности. На формирование одной тонны семян в неблагоприятном 2007 г. требовалось в среднем по сортам $47,0$ тыс. м^2 листовой поверхности, что свидетельствует о неэффективном ее использовании. В более благоприятных условиях 2009 г. листья работали более продуктивно – $16,8$ тыс. $\text{м}^2/\text{т}$.

Показатели урожайности семян в 2012 г. имели средние значения, а коэффициент продуктивности листьев (площадь листьев необходимая для формирования 1 т семян) составил 28,4 тыс. м²/т.

Более продуктивными являются сорта, у которых на формирование тонны семян требуется меньше ассимиляционного аппарата, на это указывают коэффициенты корреляции между урожайностью семян и продуктивностью листьев в конце цветения ($r = -0,86$). Сорту Альба, показавшему самую высокую урожайность в опыте, на формирование тонны семян требуется минимальная площадь фотосинтетического аппарата – 21,1 тыс. м², в то время, как низкопродуктивному сорту Быстрица 2 – в 2,2 раза больше – 46,9 тыс. м². Следовательно, коэффициент продуктивности листьев в конце цветения растений может использоваться в качестве критерия отбора высокоурожайных сортов сои.

Сравнение изучаемых сортов по удельной поверхностной плотности листа не показало четкой зависимости урожая семян от толщины листовой пластиинки, которая была нами установлена ранее на среднеспелых сортах.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о существенных различиях между сортами по темпам прироста и распределению сухого вещества в органах растений в течение вегетационного периода. Установлено, что умеренные темпы роста вегетативной массы на раннем этапе развития растений и интенсивное наращивание ее в период цветения являются предпосылками для формирования высокой продуктивности. При этом в последующем периоде рост вегетативных органов должен прекратиться, что обеспечивает направленное перераспределение ассимилятов на формирование генеративных органов.

Увеличение доли бобов у всех генотипов закономерно происходило за счет уменьшения доли листьев и стеблей. При этом у сортов Даур и Альба больше уменьшилась доля стеблей, чем листьев, у остальных трех сортов, наоборот, больше уменьшилась доля листьев. Отмечена высокая отрицательная корреляция между урожайностью семян и долей стеблей в фазе начала пожелтения листьев сои ($r = -0,70$) и, напротив, высокая положительная с долей бобов в этой фазе ($r = 0,62$). Связь урожайности с площадью листовых пластиинок недостоверная ($r = -0,20$). Таким образом, главным донором пластических веществ к физиологическому старению листьев является стебель, и важно, чтобы генеративные органы эффективно использовали запасные питательные вещества.

Изучаемые сорта по-разному реагировали на засушливые условия. Так, в период от конца цветения до созревания в острозасушливом 2007 г. у сортов Быстрица 2 и Даур отмечена высокая abortivность бобов, причем у сорта Быстрица 2 было сброшено 52 % накопленной массы генеративных органов к началу пожелтения листьев. У сорта Даур было abortировано 12 % бобов. У других сортов, напротив, продолжался их рост. Больше остальных (на 30 %) выросла масса бобов у сорта Альба. В 2012 г. реакция генотипов на засуху была иной. Единственным сортом, который продолжил накопление массы бобов, оказался сорт Армавирская 2, у которого прибавка составила 8 %. У остальных сортов отмечена abortivность бобов от 6 до 18 %. Таким образом, реакции

генотипов на неблагоприятные условия среды были различными, и преимущество имели сорта, которые продолжали накапливать массу бобов как до начала пожелтения листьев, так и после этой фазы.

Сорта с различным уровнем урожайности отличались разным сочетанием массы отдельных частей растения. В среднем за три года у сортов Альба и Дельта к созреванию масса стеблей составляла 38–40 %, створок бобов – 20 %, и 40–42 % сухой массы растений приходилось на семена. У остальных менее продуктивных сортов доля стеблей составляла 44–51 %, створок – 17–21 % и семян – 32–35 %. Как следствие, у наиболее урожайных сортов Альба и Дельта масса генеративных органов была выше, чем у остальных трех менее продуктивных сортов (рисунок 2).

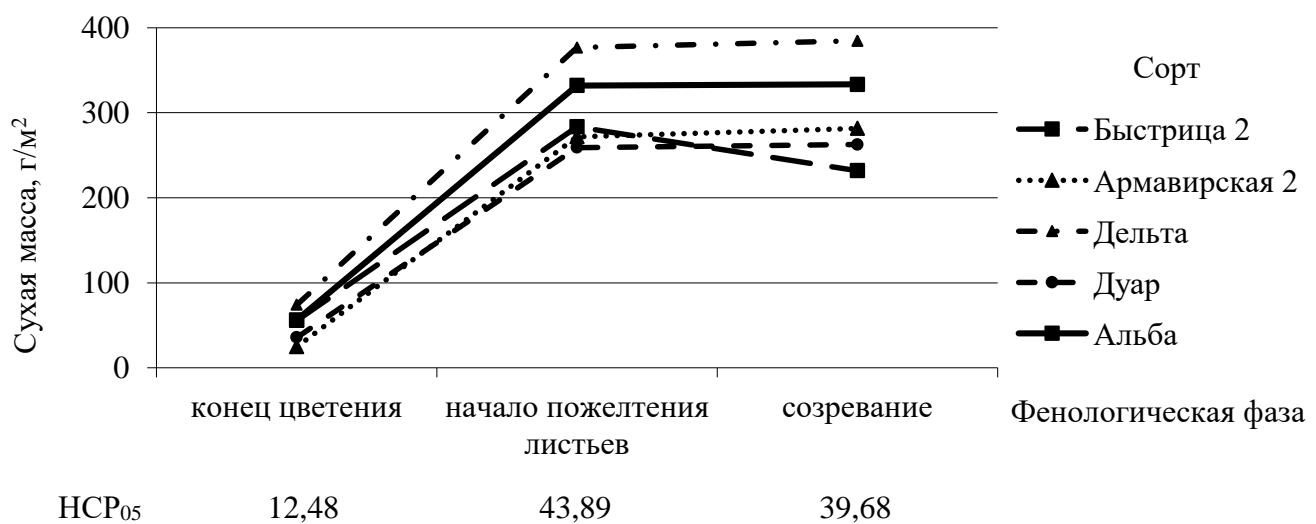


Рисунок 2 – Динамика формирования сухой массы генеративных органов у раннеспелых сортов сои разных лет селекции в онтогенезе, г/м²
(среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Таким образом, установлено, что конечная масса семян у раннеспелых сортов сои зависит не только от количества пластических веществ, накопленных растениями за вегетацию, но и от их перераспределения в ходе вегетации между вегетативными и генеративными органами.

Различное перераспределение пластических веществ наблюдалось нами и между створками бобов и семенами. Несмотря на то, что доля створок бобов в массе растений у сортов была близка в процентном отношении – от 17 до 21 %, изучаемые раннеспелые сорта значительно отличались по отношению массы створок к общей массе бобов. Наименьшая доля створок в общей массе бобов в среднем за три года была отмечена у сортов Альба и Даур – 32 %, несколько больше она была у сорта Дельта – 33 %. У сортов Быстрица 2 и Армавирская 2 на створки приходилось 38 и 37 % соответственно.

Результаты анализа вклада бобов разных ярусов в формирование урожайности показывают, что распределение генеративных органов на растении у сортов сои было неодинаковым (таблица 5). Особенno выделяется сорт Армавирская 2, у которого 40 % бобов было расположено в средней части растений, 44 % в узлах верхнего яруса и незначительное количество – в нижней. У остальных сортов, как правило, менялось соотношение генеративных органов

между верхней и нижней частями растения. Следует отметить высокую связь высоты растений с количеством бобов в нижней и средней частях растения. У самого высокопродуктивного сорта почти 30 % бобов формировалось в нижнем ярусе, около половины в среднем и пятая часть – в верхнем.

Таблица 5 – Распределение бобов по ярусам растений у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, %, (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Сорт	Ярус растения		
	нижний	средний	верхний
Быстрица 2	33	48	19
Армавирская 2	16	40	44
Дельта	35	42	23
Дуар	27	43	30
Альба	30	47	23

Большое количество бобов в нижнем и среднем ярусах растений обуславливает более высокую продуктивность семяобразования высокопродуктивных сортов, о чем свидетельствует более низкая abortивность семязачатков, как в пределах отдельных ярусов, так и в целом на растении (таблица 6). Развитие бобов в нижней и средней частях растения позволяет растениям более эффективно использовать накопившиеся в вегетативных органах пластические вещества и в меньшей степени снижать урожай при неравномерном выпадении осадков. Повышенную долю бобов в нижнем и среднем ярусах растений в сочетании с пониженной abortивностью семян в бобах можно применять в качестве критерия при отборе растений в гибридных популяциях.

Таблица 6 – Продуктивность семяобразования у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, %, среднее за 2007, 2009, 2012 гг.

Сорт	Ярус растения			В среднем на растении
	нижний	средний	верхний	
Быстрица 2	81	83	77	81
Армавирская 2	75	79	71	75
Дельта	84	82	77	81
Дуар	82	81	80	81
Альба	87	86	79	84

4 Модель высокопродуктивного раннеспелого сорта сои для условий недостаточного увлажнения Юга европейской части России. Всесторонний анализ полученных данных позволил нам сформулировать основные параметры модели высокопродуктивного раннеспелого сорта сои зернового использования для условий неустойчивого увлажнения Юга европейской части России. В этих условиях следует отбирать рано зацветающие, но продолжительно цветущие генотипы с максимальным количеством генеративных органов в нижней и средней частях растения, отличающиеся пониженной abortивностью семязачатков. Высокопродуктивные сорта должны характеризоваться высоким уборочным индексом, пониженной долей створок в генеративной части растения,

меньшим количеством ветвей, повышенной крупностью семян. Безусловно учитывались и другие параметры модели будущего сорта (таблица 7).

Таблица 7 – Соответствие параметров разработанной модели высокопродуктивного раннеспелого сорта сои для условий недостаточного увлажнения Юга европейской части России новым сортам, созданным на основании этой модели

Показатель	Модель сорта	Сорта, на основании которых разрабатывалась модель сорта	Новые сорта, отобранные с учетом модели сорта
Вегетационный период, сутки	100–110	110–123	109–118
Межфазные периоды, сутки:			
- всходы – начало цветения	28–35	35–52	37–40
- начало цветения – конец цветения	37–45	27–42	30–39
- конец цветения – созревание	35–43	34–52	35–43
Высота растений, см	90–115	80–115	80–110
Высота прикрепления нижнего боба, см	13–15	10–15	10–15
Доля участия главного побега в формировании урожайности, %	50–70	33–58	44–69
Масса 1000 семян, г	150–200	115–170	125–150
Распределение бобов на растении, %:			
- нижняя часть растения	25–35	10–29	18–32
- средняя часть растения	42–49	40–54	43–55
- верхняя часть растения	15–25	20–44	24–33
Продуктивность семяобразования, %	85–90	77–85	74–92
Темп роста вегетативных органов:			
- всходы – начало цветения	низкий	низкий	низкий
- начало цветения – конец цветения	умеренный	умеренный	умеренный
- конец цветения – созревание	нет	от нет до умеренный	умеренный
Площадь листьев, тыс. м ² /м ²	40–50	39–51	30–43
Удельная поверхностная плотность листьев, г/м ²	45–50	42–52	48–55
Сухая масса растений в начале цветения, г/м ²	75–130	95–155	100–140
Уборочный индекс, %	39–42	23–41	40–46
Индекс микрораспределения, %	70–72	65–70	69–71
Устойчивость к полеганию	высокая	высокая	высокая
Устойчивость к растрескиванию бобов	высокая	высокая	высокая
Устойчивость к болезням и вредителям	высокая	высокая	высокая
Содержание белка в семенах, %	40–43	38–43	38–40
Содержание масла в семенах, %	21–23	20–24	23–25
ТИА, мг/г	19–23	19–27	24–26

5 Соответствие современных раннеспелых сортов сои разработанной модели для неустойчивого увлажнения Юга европейской части России. В 2016–2017 гг. была проведена валидация разработанной модели на четырех новых раннеспелых сортах сои, допущенных к использованию в 2009–2018 гг.: Славия (2009), Чара (2013), Олимпия (2016), Селена (2018). Средняя урожайность сортов, на основании которых разрабатывалась модель сорта в 2016–2017 гг., составила

2,30 т/га, в то время как новых сортов – 2,84 т/га. Соответственно можно говорить об их более высокой продуктивности. Биомасса, ожидаемо, как на большинстве культур, не изменилась. При этом уборочный индекс повысился с 23–41 % до 40–46 % у новых сортов. На долю створок у старых сортов приходилось 30–35 % пластических веществ, у новых – 29–31 %. Для них индекс микрораспределения (доля семян в общей массе бобов) составил 69–71 % при разработанном параметре 70–72 % (таблица 7).

Этому способствовало изменение следующих морфологических признаков: установленная доля участия главного побега практически достигнута, у новых сортов она составила 44–69 % при значении этого показателя 33–58 % для сортов предыдущего этапа селекции. Высота растений в зависимости от условий влагообеспеченности изменяется, но даже в благоприятных условиях запланированный максимум пока не достигнут. В желаемую сторону сдвинулось распределение бобов на растении. Так, больше бобов формируется в нижней части растений, в средней, как и планировалось, располагается около половины, даже в некоторые годы до 55 %, в верхней части количество бобов уменьшено с 20–44 % до 23–35 %. В модели сорта была предусмотрена продуктивность семяобразования 85–90 %. У новых сортов достаточно эффективно проходил налив семян, так как этот показатель колебался от 74 до 91 % в годы исследований при более низком значении у сортов предыдущего этапа селекции (77–85 %).

Испытание новых сортов показало, период конец цветения – созревание уже полностью соответствует запланированному, несколько уменьшился период всходы – начало цветения (с 35–52 суток до 37–40 суток), но следует продолжить отбор растений на его сокращение с одновременным увеличением продолжительности цветения.

Площадь листовой поверхности формировалась ниже запланированной, что даже лучше в годы с недостаточным количеством осадков, так как не идет дополнительный расход воды на формирование вегетативной массы.

Таким образом, разработка модели сорта на основании анализа экспериментальных данных возделываемых сортов, направленная на выявление и описание признаков и свойств растений, связанных непосредственно с урожайностью, подтверждена полученными на новых сортах сои данными. Урожайность новых сортов на 23,5 % выше, чем у сортов предыдущего периода селекции. Выявлено, что новые сорта сои практически по всем показателям достигли запланированных величин. Уборочный индекс выше запланированного, при этом следует продолжить отбор растений на увеличение продолжительности цветения за счет сокращения периода всходы – начало цветения.

6 Выявление критериев отбора растений сои при селекции стабильно урожайных сортов в условиях усугубляющейся нестабильности климата Юга европейской части России. Предвидеть потенциал урожайности или, напротив, на основании имеющихся данных по величинам продуктивности прогнозировать реакцию генотипов в неблагоприятных условиях, мечтал бы уметь каждый селекционер.

6.1 Оценка потенциалов урожайности и засухоустойчивости сортов сои.

Для целенаправленной селекции на сочетание в одном сорте высокой потенциальной продуктивности с экологической адаптивностью необходимы отдельные оценки степени выраженности этих свойств генотипов как на этапе подбора пар для скрещиваний, так и при отборах среди особей популяций и линий. Исследование было проведено с целью разработки способов раздельной оценки потенциалов урожайности и адаптивности генотипов сои к климату юга России, приспособленность к которому определяется степенью устойчивости к июльско-августовским засухам. Поэтому особое внимание мы уделяем оценкам засухоустойчивости.

В опыте изучалось 12 среднераннеспелых сортов сои четырех периодов селекции, представляющих сортосмену в Краснодарском крае за 70 лет: I период селекции – сорта селекции 30-40-х годов XX века; II период – 50-х – начала 70-х; III – конца 70-х – 80-х; IV – 90-х. Учитывая, что урожайность определяется в благоприятных условиях генетическими системами потенциальной продуктивности, а в неблагоприятных – комплексами генов устойчивости к стрессу, в таблице приведены усредненные данные за все годы испытаний и отдельно за годы с повышенным количеством осадков (2002, 2004 и 2009 гг.) и за годы с засухами в июле и августе (2006–2008 гг.). Средние по всем сортам урожаи варьировали от $x_{j=0,5}$ т/га в наиболее засушливый год (2007 г.) до $x_{j=3,8}$ т/га в самый благоприятный год (2002 г.). Оценка реакций сортов сои на эти условия представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Оценки урожайности семян (т/га) и уборочных индексов сортов сои разных периодов селекции в среднем за благоприятные (2002, 2004 и 2009) и засушливые (2006, 2007 и 2008) годы

Сорт	Период от всходов до созревания, сутки	Урожайность, т/га (среднее за годы)			Индекс засухоустойчивости, %	Уборочный индекс (среднее за годы)	Математическое ожидание урожайности при индексах среды, т/га		
		2001-2009	2002, 2004, 2009	2006, 2007, 2008			$x_{j=3,8}$ т/га	$x_{j=0,5}$ т/га	
Кубанская 276	113	2,11	3,49	0,93	26,6	0,41	0,18	3,95	0,58
Кубанская 4958	126	2,30	4,05	0,91	22,5	0,44	0,17	4,49	0,47
ВНИИМК 9186	116	2,01	3,42	0,95	27,8	0,43	0,18	3,80	0,52
ВНИИСК 7	115	1,88	3,37	0,63	18,7	0,39	0,13	3,85	0,24
Комсомолка	130	1,84	3,59	0,43	12,0	0,38	0,09	3,90	0,13
ВНИИМК 8	127	2,10	3,60	0,86	23,9	0,36	0,14	3,98	0,53
Кубань	122	1,74	3,13	0,75	24,0	0,39	0,15	3,48	0,28
ВНИИМК 3895	115	1,89	3,13	0,99	31,6	0,39	0,21	3,44	0,60
ВНИИМК 20	112	1,75	3,02	0,86	28,5	0,37	0,17	3,35	0,42
Лань	116	2,04	3,35	0,98	29,3	0,37	0,19	3,76	0,61
Вилана	118	2,47	3,68	1,59	42,3	0,42	0,29	4,08	1,12
Рента	118	2,33	3,60	1,40	38,9	0,39	0,25	3,99	0,95

Обращает на себя внимание то, что сорта сои периода селекции 1930–1949 гг. (Кубанская 276, Кубанская 4958 и ВНИИМК 9186) в благоприятные годы проявили в среднем несколько даже более высокий потенциал продуктивности, чем сорта Лань, Вилана и Рента, созданные в 4-й период селекции с 1990 по 2000 гг. Это создает впечатление отсутствия прогресса в селекции сои на юге России. Однако при сравнении оценок урожайности сортов первого и четвертого периодов селекции в самые неблагоприятные годы обнаруживается значительный прогресс в селекции сои на устойчивость к июльско-августовским засухам, что является решающим показателем адаптивности этой культуры к особенностям климата юга России.

Хотя у трех из 12 сортов этого экологического испытания позднеспелость была в некоторой степени связана с увеличенным потенциалом урожайности, проявляющимся в благоприятные годы, в целом связь между этими показателями у всех изучаемых сортов оказалась средней ($r = 0,69$). Генотипические различия по потенциалам урожайности мало искали оценки индексов засухоустойчивости (выраженное в процентах отношение оценок урожайности сортов в условиях засухи к величинам их урожаев при хорошей влагообеспеченности), поэтому обнаруживается удовлетворительное совпадение рангов оценок этих индексов с рангами сортов по величинам урожаев на фоне засух. Однако все же имеет место несовпадение рангов таких оценок. Например, при практически равных урожаях на фоне засух индекс засухоустойчивости у сорта Лань ниже, чем у ВНИИМК 3895; при более низких урожаях в условиях засух сорт Кубань получил более высокую оценку индекса засухоустойчивости, чем ВНИИМК 4958; такое же несоответствие обнаруживается при сравнении сорта ВНИИМК 20 с сортами Кубанская 276 и ВНИИМК 9186.

Важным для селекции сои результатом явилось то, что средние величины уборочных индексов по их оценкам в засушливые годы оказались хорошим индикатором засухоустойчивости генотипов.

Корреляционный анализ подтвердил, что различия сортов по длительности вегетации в небольшой степени, хотя и положительно, связаны с изменчивостью их урожаев на фоне благоприятных условий ($r_g = 0,565$) (таблица 9). С немного меньшей надежностью и теснотой выявились отрицательная зависимость между числом дней вегетации и индексом засухоустойчивости генотипов сои, и отсутствовали корреляции этого индекса со всеми показателями потенциалов продуктивности.

В этой ситуации оказались сильными и достоверными генотипические корреляции индексов засухоустойчивости с остальными показателями устойчивости к засухе: урожаями в засушливые годы, их математическими ожиданиями при индексе среды $x_{ij}=0,5$ т/га и уборочными индексами на фоне засух. Сильные генотипические корреляции величин уборочного индекса, оцениваемых в условиях засух, с другими показателями засухоустойчивости еще раз подтверждают высокую ценность этого индекса, использовать который при селекции сои в качестве критерия отбора на адаптивность к климату юга России можно при оценках генотипов даже на ранних этапах селекционного процесса.

Таблица 9 – Коэффициенты генотипических корреляций между показателями потенциальной продуктивности и засухоустойчивости сортов сои разных периодов селекции, 2001–2009 гг.

Сорт	Период от всходов до созревания, сутки	Урожайность в среднем за годы, т/га		Индекс засухоустойчивости, %	Уборочный индекс в среднем за годы		Математическое ожидание урожая (т/га) при $x_{ij}=3,8$ т/га
		2002, 2004, 2009	2006, 2007, 2008		2002, 2004, 2009	2006, 2007, 2008	
1	2	3	4	5	6	7	8
Урожайность (т/га) в среднем за годы	2002, 2004, 2009	0,565*	1	-	-	-	-
	2006, 2007, 2008	-0,333	0,225	1	-	-	-
Индекс засухоустойчивости, %		-0,491	-0,029	0,966**	1	-	-
Уборочный индекс за годы	2002, 2004, 2009	-0,043	0,525*	0,312	0,184	1	-
	2006, 2007, 2008	-0,444	0,111	0,979**	0,976**	0,337	1
Математическое ожидание урожайности (т/га) при	$x_{ij}=3,8$ т/га	0,472	0,987**	0,230	-0,023	0,545*	0,119
	$x_{ij}=0,5$ т/га	-0,301	0,262	0,986**	0,943**	0,252	0,957**
							0,264

Примечание: коэффициенты корреляции переходят уровни существенности:

* – 10%-ный; ** – 0,1%-ный

6.2 Взаимосвязь между параметрами стабильности и адаптивности сортов. Для характеристики стабильности урожаев и адаптивности сортов и гибридов используются не только индексы устойчивости к стрессам и усредненная по всем условиям урожайность как показатель адаптивности. Уже более полувека в разных странах гораздо более широко применяются для этих целей такие параметры, как коэффициент средовой вариации i -го генотипа CV_i ; эквалента W_i по G.Wricke (1962) как доля вклада i -го генотипа в общую дисперсию взаимодействия генотип – среда; и оценки линейной (b_i – коэффициент регрессии на индексы среды) и нелинейной (S^2d_i – остаточная дисперсия) компоненты этого взаимодействия по S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966). Поэтому нам было важно выяснить, в какой мере согласуются оценки таких параметров изученных нами генотипов сои с их характеристиками по предложенным нами показателям потенциалов урожайности и устойчивости к типичным для юга России стрессам. Такое сопоставление важно не только для выбора оптимальных способов оценки сортов сои. Полученный экспериментальный материал позволяет оценить надежность применения широко используемых в разных странах методов выявления стабильных и адаптивных генотипов в таких случаях, когда уникальный

генотип превосходит остальные сорта не только по адаптивности к конкретным агроэкологическим условиям, но одновременно обладает и самым высоким потенциалом продуктивности. Возможность использования обсуждаемых параметрических оценок для выявления таких генотипов представилась благодаря наличию среди объектов наших исследований сорта сои Вилана, уникальные свойства которого многократно подтверждены в селекционных, агроэкологических, государственных испытания и в широкой производственной практике возделывания. С этой целью представленные в таблице 8 оценки урожайности сортов в стрессовых и комфортных условиях, а также диапазоны различий между этими оценками сравнивали с вычисленными для тех же сортов по данным того же опыта параметрами стабильности и адаптивности, широко используемыми во всем мире при биометрическом анализе результатов агроэкологических испытаний сортов и гибридов.

Оказалось, что у сортов, созданных во 2-ой период сортосмены, по сравнению с сортами 1-го периода в среднем лишь немного повысился абсолютный показатель нестабильности (S^2_i – экологическая дисперсия i -го генотипа) (таблица 10). При этом у сортов 2-го периода значительно снизилась засухоустойчивость. Малые различия по величинам S^2_i этих групп генотипов объясняются тем, что в итоге селекции 2-го периода стал ниже также и проявляющийся в благоприятные годы потенциал урожайности, а значит и диапазон вариации урожаев в разные годы. Снижение в связи с этим средних оценок урожайности обусловило резкое повышение у 2-й группы сортов показателя относительной нестабильности урожаев – коэффициента вариации CV_i . В среднем минимальным параметр S^2_i оказался у сортов 3-го периода селекции сои. Однако это повышение стабильности оказалось бесполезным для производства, так как их урожайность в благоприятные годы была самой низкой, а по урожаям при засухах они не достигли даже уровня сортов 1-го периода селекции. У сортов 4-го периода селекции немного повысилась величина S^2_i за счет значительного увеличения урожайности, а в сочетании это обеспечило минимальные оценки средового коэффициента вариации, то есть намного возросла относительная стабильность урожайности в разные по погодным условиям годы в основном за счет меньшего снижения урожаев при засухах.

Таким образом, для объяснения причин и практической значимости генотипических различий по величинам параметров S^2_i и CV_i , представленных в таблице 10, оказалось необходимым постоянно обращаться к данным таблицы 8. Это еще раз подчеркивает важность раздельной оценки каждого сорта, как по потенциальному урожайности, так и по устойчивости к неблагоприятным условиям.

Несмотря на значительные различия по комплексу признаков, сорта сои разных периодов селекции очень мало различались по вкладам в общую дисперсию взаимодействия генотип – среда с диапазоном значений эковалент от $W_i = 37,6$ до $W_i = 38,3$. Обусловлено это тем, что вариация оценок урожайности каждого из изученных сортов в очень большой степени и качественно почти одинаково определялась изменчивостью погодных условий девяти лет испытаний, поэтому коэффициенты детерминации урожаев этих сортов с индексами среды варьировали в пределах от $Cd_i = 95,7\%$ до $Cd_i = 99,2\%$ и лишь у сорта Рента

$Cd_i = 91,5\%$. Несмотря на малые генотипические различия по величинам W_i , сорта различались как по однотипным, линейным (b_i – коэффициент регрессии на индексы среды), так и по качественно неодинаковым реакциям на изменения условий среды, оцениваемым остаточной дисперсией $S^2 d_i$. В определенной степени отклонения значений Cd_i от 100 % оказались связанными с варьированием оценок остаточной дисперсии от $S^2 d_i = 0,010$ при $Cd_i = 99,2\%$ до $S^2 d_i = 0,124$ при $Cd_i = 91,5\%$. Для характеристики же адаптивности генотипов обычно намного большее значение придается их различиям по наклонам линий регрессии оценок урожайности на индексы среды. Диапазон изменчивости величин коэффициентов таких регрессий у изучаемых сортов сои оказался небольшим – от $b_i = 0,86$ до $b_i = 1,22$.

Таблица 10 – Параметры стабильности и адаптивности сортов сои разных периодов селекции по данным испытания в 2001–2009 гг.

Сорт	Год создания	Параметры					
		стабильности		адаптивности			
		$S^2 i$	$CV_i, \%$	W_i	b_i	$S^2 d_i$	$Cd_i, \%^*$
Кубанская 276	1927	1,42	56,5	37,7	1,02	0,042	97,5
Кубанская 4958	1939	1,96	60,9	38,2	1,22	0,038	98,4
ВНИИМК 9186	1942	1,34	57,5	37,6	0,99	0,025	98,4
ВНИИСК 7	1959	1,60	67,4	37,8	1,09	0,052	97,3
Комсомолка	1965	1,78	72,3	38,2	1,14	0,092	95,7
ВНИИМК 8	1972	1,49	58,3	37,8	1,05	0,056	96,9
Кубань	1976	1,28	65,3	37,6	0,97	0,030	98,0
ВНИИМК 3895	1981	1,03	53,5	37,7	0,86	0,010	99,2
ВНИИМК 20	1987	1,08	59,3	37,7	0,89	0,024	98,1
Лань	1993	1,27	55,2	37,8	0,95	0,053	96,4
Вилана	1996	1,11	42,8	37,9	0,90	0,050	96,2
Рента	2000	1,25	48,0	38,3	0,92	0,124	91,5

Примечание: * – все значения коэффициента детерминации переходят 0,1%-ный уровень значимости

Судя по величинам коэффициентов корреляции между S_i и b_i , изменчивость b_i определяется в основном вариацией значений S_i , хотя соответствующие величинам Cd_i таблицы 10 коэффициенты корреляции r_i между урожаями i -ого сорта и индексами среды варьировали от $r_i = 0,956$ до $r_i = 0,996$. Из этого следует, что при таких диапазонах вариации r_i , которые позволяют вычислять b_i , их величины почти полностью определяются значениями средовых стандартных отклонений S_i . Следовательно, S.A. Eberhart и W.A. Russell (1966) с полным основанием определили b_i параметром стабильности. Однако у параметра b_i есть преимущество по сравнению с использованием S_i или $S^2 i$: с его помощью можно оценить различия генотипов по потенциалам урожайности и устойчивости к стрессам путем вычисления математических ожиданий их урожайности при максимальном и минимальном значениях индексов среды. Для таких вычислений недостаточно знать только оценку b_i , необходимо еще определить среднюю по этой серии опытов урожайность генотипа, а также значения индексов среды.

Таким образом, величинами параметров S_i и b_i можно оценивать степень адаптивности сортов, если основной причиной средовой вариации оценок урожайности в опытах была реакция генотипов на типичные для местообитания абиотические и биотические стрессы. Индекс устойчивости к засухе (и другим стрессам) можно использовать лишь при сравнении генотипов с одинаковыми потенциалами урожайности, реализующимися в благоприятные годы. Во всех ситуациях использования изученных параметров сравнивать между собой следует сорта одинаковой продолжительности вегетации.

7 Отбор потенциально продуктивных генотипов в разных гибридных поколениях. Нет четко установленного правила отбора родоначальных растений из популяции самоопылителей в определенном поколении. Учитывая динамику гомозиготизации при различиях между родителями, например, по 5–10 парам генов, гибридные популяции F_5 приобретают гомозиготность на уровне 72–52 % соответственно, а гибридные популяции F_6 – на уровне 85–72 % (Зеленцов С.В., 2020). Целью данного эксперимента было сравнение линий сои по урожайности семян, отобранных в разных поколениях гибридного питомника от F_3 до F_6 в четырех гибридных популяциях. Количество отобранных линий было от двух до четырех в поколении F_3 , от двух до пяти в F_4 , шесть–семь в F_5 и F_6 . Не все линии оказались константны по простым признакам, таким как окраска опушения и венчика, 18 % линий расщеплялись. В среднем по всем комбинациям выделилось 15 наиболее урожайных из 76 изучаемых линий. Распределились они следующим образом: F_3 –4, F_4 –3, F_5 –3 и F_6 –5. Их средняя урожайность составила соответственно от 2,04 до 2,29 т/га. Расщеплялись две линии из F_4 и одна из F_3 .

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии четкой закономерности преимущества отбора только из определенного поколения. Заслуживает особого внимания отбор в поколении F_3 . Потомства, отобранные из этого поколения, ни в одной из комбинаций не формировали самый низкий урожай семян, занимая в двух случаях из четырех лидирующие позиции. Худшие показатели по средней урожайности отмечены у двух комбинаций на линиях, отобранных в F_6 , при этом 30 % высокопродуктивных линий было отобрано именно в этом поколении. Исходя из полученных данных можно рекомендовать проводить отбор морфологически выровненных потомств, начиная с поколения F_3 , и дополнять его отбором из более поздних поколений.

8 Роль уборочного индекса в селекции сои

8.1 Изменение уборочного индекса сортов сои в зависимости от густоты стояния растений в условиях контрастного влагообеспечения. Известно, что соя обладает значительными компенсаторными способностями, что позволяет получать высокий урожай в большом диапазоне густоты стояния растений. Это свойство полезно при получении изреженных посевов вследствие засорения сорняками, низкой всхожести семян сои и других неблагоприятных факторов. С точки зрения селекционной работы, в случае получения изреженных посевов встает вопрос, на сколько эффективен отбор в этих условиях. Реакция сортов на разреженные и загущенные посевы может существенно различаться и определяется, в том числе, морфологическими особенностями генотипа. В этом

контексте актуальным становится вопрос о возможности использования уборочного индекса в качестве стабильного критерия оценки сортовой реакции на различные агроэкологические условия и пространственную структуру посева.

Нами был проведен опыт на хорошо изученной группе среднераннеспелых сортов, представляющих сортосмену за 70 лет (см. главу 6). Тринадцать сортов высевали из расчета получения 100, 300 и 600 тысяч растений на гектар в 2003 и 2004 гг.

Большинство сортов сформировали достоверно больший биологический урожай при максимальной густоте стояния растений. Отличия были только у сорта Пламя, который сформировал максимальную биомассу при оптимальной густоте стояния растений. Сорта Кубанская 4958, Комсомолка и ВНИИМК 8 при такой густоте стояния формировали биомассу на уровне с максимальной густотой. Наименьшее количество пластических веществ накапливали растения всех сортов, кроме Пламя, при наименьшей густоте стояния растений.

Максимальная биологическая урожайность не привела к повышенной урожайности при высокой густоте стояния растений. Например, сорт Кубанская 4958 формировал максимальную массу семян при оптимальной густоте стояния (300 тыс. шт/га), такая же тенденция отмечена и у сорта Комсомолка. Из сортов, положительно реагирующих на загущение, выделились Кубанская 276, ВНИИСК 7, Кубань, ВНИИМК 3895, Лань. Равную урожайность при оптимальной и повышенной густоте стояния растений формировали сорта ВНИИМК 9186, ВНИИМК 8, ВНИИМК 20, Вилана и Рента. Не реагировал на густоту стояния растений как по биомассе, так и по урожаю семян сорт Пламя. Учитывая, что сорта с разными реакциями на загущение и разреженный посев между собой значительно различаются по габитусу растений, можно сделать вывод, что это является особенностью генотипа. При этом отмечаем, что большинство сортов при разреженном посеве снижают урожайность семян, в среднем значение этого показателя в опыте достигало 9,3 %.

В абсолютном выражении максимальные отличия уборочного индекса в среднем за два года составили 4 %. Такая разница была отмечена только у одного сорта – ВНИИСК 7, еще у одного сорта (Кубанская 4958) максимальная разница составила 3 %, у трех сортов Кубань, ВНИИМК 20 и Рента – 1 %, у остальных восьми – 2 %. Отмечена общая тенденция – максимальный уборочный индекс у десяти сортов был при оптимальной густоте стояния растений, у трех сортов – в разреженном посеве. Обработка результатов трехфакторного эксперимента методом дисперсионного анализа, позволила определить, что отличия на 60,2 % обусловлены генетическими различиями сортов, густота стояния растений влияла лишь на 3,3 %, а условия года – на 1,7 %.

Корреляционная зависимость урожая семян от уборочного индекса в засушливых условиях усиливалась с увеличением густоты стояния растений от 0,90 до 0,92. Зависимость от биомассы в этих условиях была несущественной и уменьшалась при загущении посевов. В благоприятном по влагообеспеченности 2004 г. сильная корреляционная связь на 5%-ном уровне значимости наблюдалась между массой семян и уборочным индексом в загущенном посеве. В разреженном и

оптимальном она была средней. Отрицательное влияние увеличенной биомассы растений на конечную продуктивность было более выражено в разреженном посеве.

Таким образом, выявлена общая тенденция абсолютно разных по габитусу, потенциалу продуктивности, засухоустойчивости сортов реагировать на густоту стояния растений в широком диапазоне. Полученные данные доказывают эффективность использования показателя уборочного индекса в качестве достоверного стабильного критерия оценки генотипов в различных условиях среды и при разной густоте стояния растения.

8.2 Изменчивость уборочного индекса в зависимости от межгенотипической конкуренции. Межгенотипическая и внутривидовая конкуренция оказывает влияние на продуктивность растений как между соседними рядами, так и внутри популяции и осложняет отбор потенциально высокопродуктивных генотипов в гибридном питомнике. Опыт проводился на том же наборе сортов. Были заложены делянки с каждым сортом по отдельности (монопосев) и каждый в смеси с сортом Вилана в соотношении один к одному.

Сопоставление взаимосвязи изучаемых показателей в монопосеве и смеси свидетельствует о хорошей сопоставимости уборочного индекса в оба года исследований. При этом в засушливом 2003 г. эта связь близка к функциональной, а в очень благоприятном по влагообеспеченности 2004 г. она существенна на 0,1%-ном уровне значимости ($r = 0,70$), что свидетельствует о малой изменчивости уборочного индекса в условиях межгенотипической и внутривидовой конкуренции при любых уровнях обеспеченности влагой.

Сильная взаимосвязь отмечена между биомассой в смеси и монопосеве, чего нельзя сказать об урожае семян. Данные по урожайности семян сортов только в засушливых условиях были сопоставимы на 1%-ном уровне значимости, в благоприятных же условиях коэффициент корреляции был практически равен нулю.

Таким образом, в условиях межгенотипической конкуренции внутри ценоза гибридной популяции определение уборочного индекса позволяет оценивать комбинацию на ранних этапах селекционной проработки. Такую оценку можно проводить в гибридном питомнике второго и третьего поколения без дополнительных усилий, взвесив сноп с отобранными растениями до обмолота и сравнивая комбинации между собой.

9 Отбор высокопродуктивных генотипов сои в селекционном питомнике

9.1 Соответствие оценок на делянках селекционного питомника оценкам урожаев в конкурсном сортоиспытании сои. Использование в селекционном процессе малых делянок без защитных рядов и повторностей – это переходный период от оценки (отбора) индивидуальных растений к оценке их потомства на многорядных делянках с повторностями, когда возникает возможность получить объективную характеристику селекционного материала по основным хозяйственным признакам и, прежде всего, по ценотической урожайности. Испытание селекционного материала на малых (чаще всего однорядковых) делянках – это вынужденная мера, связанная с ограниченным количеством семян. В поисках надежных критериев оценки генотипов в

селекционном питомнике был заложен опыт, позволяющий сопоставить оценки на делянках селекционного питомника с оценками в конкурсном сортоиспытании.

В 2013–2016 гг. нами были проведены исследования с целью оптимизации методики выращивания растений в селекционном питомнике. В качестве материала в исследованиях использовали сорта сои, включаемые в конкурсные сортоиспытания в 2013–2016 гг. Ежегодно оценивали 48 сортов, при этом их набор по годам частично изменялся. Сорта выращивали параллельно по методикам, принятым во ВНИИМК, соответствующим разным питомникам: конкурсного сортоиспытания (КСИ) (4-рядные делянки длиной 10 м ($S=28,0\text{ м}^2$) в 4-кратной повторности); контрольного (КП) (4-рядные делянки длиной 5 м ($S=14,0\text{ м}^2$) без повторностей); и трем типам селекционного: СП-1 – 1 ряд длиной 2,5 м ($S=1,75\text{ м}^2$), СП-2 – 2 ряда длиной 2,5 м ($S=3,5\text{ м}^2$), СП-3 – 1 ряд длиной 5 м ($S=3,5\text{ м}^2$) без повторностей.

Анализ результатов показал, что в сравнимых условиях урожайность одних и тех же сортов существенно изменялась в зависимости от методики выращивания растений. Так, если на делянках конкурсного испытания средняя урожайность составила 2,08 т/га, то на делянках контрольного питомника она была выше на 11,5 %. Более завышенные оценки урожайности получены на малых делянках селекционного питомника – от 20,7 до 33,2 %.

9.2 Определение оптимальной конфигурации делянки в селекционном питомнике. Причина завышенных урожаев сортов сои на делянках контрольного и разных вариантов селекционного питомника заключается в более весомом вкладе краевых растений торцевых частей делянок в общую урожайность по сравнению с делянками КСИ. Кроме того, одной из вероятных причин явно завышенных урожаев на малых делянках являются различия изучаемых сортов по конкурентоспособности, неоднородность плодородия участка также оказывает существенное влияние на оценки урожайности на делянках без повторностей.

Помимо завышения оценок урожаев семян, выращивание растений на делянках СП и КП сопряжено с увеличением диапазона изменений урожайности, на что указывают коэффициенты вариации. Согласно фактическим данным, если изменчивость урожаев в КП незначительно больше, чем в КСИ (12,2 % против 10,8 %), то в СП она выше в 1,4–1,8 раза. Что же касается показателя «уборочный индекс», то коэффициент вариации составил от 8,8 % в СП-2 до 10,2 % в СП-3.

Исходя из вышеизложенных данных, вполне правомерен вопрос о том, какой из изучаемых показателей может обеспечить более достоверную оценку селекционного материала для формирования контрольного питомника. Относительно хорошее совпадение оценок массы семян с делянки в селекционных питомниках с урожайностью контрольного питомника отмечено только в 2013 г. для СП-2 и СП-3 и в 2015 г. для СП-3 (таблица 11). В то же время при выращивании сортов по типу СП-1 и оценке их по уборочному индексу в два года из четырех коэффициенты корреляции превысили 0,1%-ный уровень значимости. При выращивании по типу СП-2 и СП-3 такая же сильная взаимосвязь описанных признаков отмечена в 2015 г. и на 1%-ном уровне значимости в 2016 году.

Таблица 11 – Корреляция урожайности, массы семян и уборочного индекса в различных питомниках селекционного процесса, 2013–2016 гг., n=48

Питомник	Оцениваемый признак	Урожайность КП				Урожайность КСИ			
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
СП-1	Масса семян	0,139	0,198	0,285	0,109	0,359**	0,461**	0,463**	0,591***
	Уборочный индекс	0,126	0,558***	0,507***	0,232	0,195	0,553***	0,577***	0,123
СП-2	Масса семян	0,410**	0,257	0,251	0,320*	0,526***	0,480***	0,429**	0,485***
	Уборочный индекс	0,421**	0,447**	0,506***	0,382**	0,425**	0,533***	0,614***	-0,078
СП-3	Масса семян	0,410**	0,172	0,380**	0,114	0,590***	0,411**	0,444**	0,607***
	Уборочный индекс	0,345*	0,245	0,535***	0,392**	0,113	0,465***	0,744***	-0,267
КП	Масса семян	–	–	–	–	0,469***	0,528***	0,569***	-0,095

Коэффициенты корреляции переходят уровни существенности: * – 5 %; ** – 1%; *** – 0,1%

Связь изучаемых показателей в селекционном питомнике с урожайностью семян в конкурсном сортоиспытании оказалась еще более тесной. Таким образом, при оценке делянок селекционного питомника вполне обосновано использование уборочного индекса, особенно большое внимание этому показателю следует уделять в годы с недостаточным количеством осадков.

Относительно определения оптимальной конфигурации делянок селекционного питомника лучшим вариантом в условиях 2014 г. было выращивание сортов в селекционном питомнике по типу СП-1, в 2016 г. – СП-3, в 2013 г. – СП-2, а в 2015 г. – в селекционном питомнике любой конфигурации.

Сопоставление идентичных признаков отбора в селекционных питомниках разного типа показало, что данные по уборочному индексу имеют более тесную связь между всеми типами СП ($r = 0,40\text{--}0,82$), по массе семян эта связь менее выражена ($r = 0,23\text{--}0,56$).

9.3 Связь хозяйствственно полезных признаков с влагообеспеченностью и температурой воздуха как критерий направления отбора в селекционном питомнике. В связи с тем, что оценка и отбор на малых делянках по массе семян могут быть результативными в благоприятные для роста и развития растений сои годы, возникает закономерный вопрос – как оценить степень благоприятности погодных условий сезона.

Предположение об оценке по количеству осадков за вегетацию были опровергнуты после сопоставления средней урожайности в КСИ и количества выпавших за вегетацию осадков в 2013–2016 гг., так как коэффициент корреляции составил -0,995. Установлено, что урожай семян зависит от распределения осадков по фазам роста и развития растений. Судя по наклону линии регрессии погодные условия 2013 и 2016 гг. более благоприятно сложились для сортов с продолжительным вегетационным периодом, а 2014 и 2015 гг. – для раннеспелых (рисунок 3).

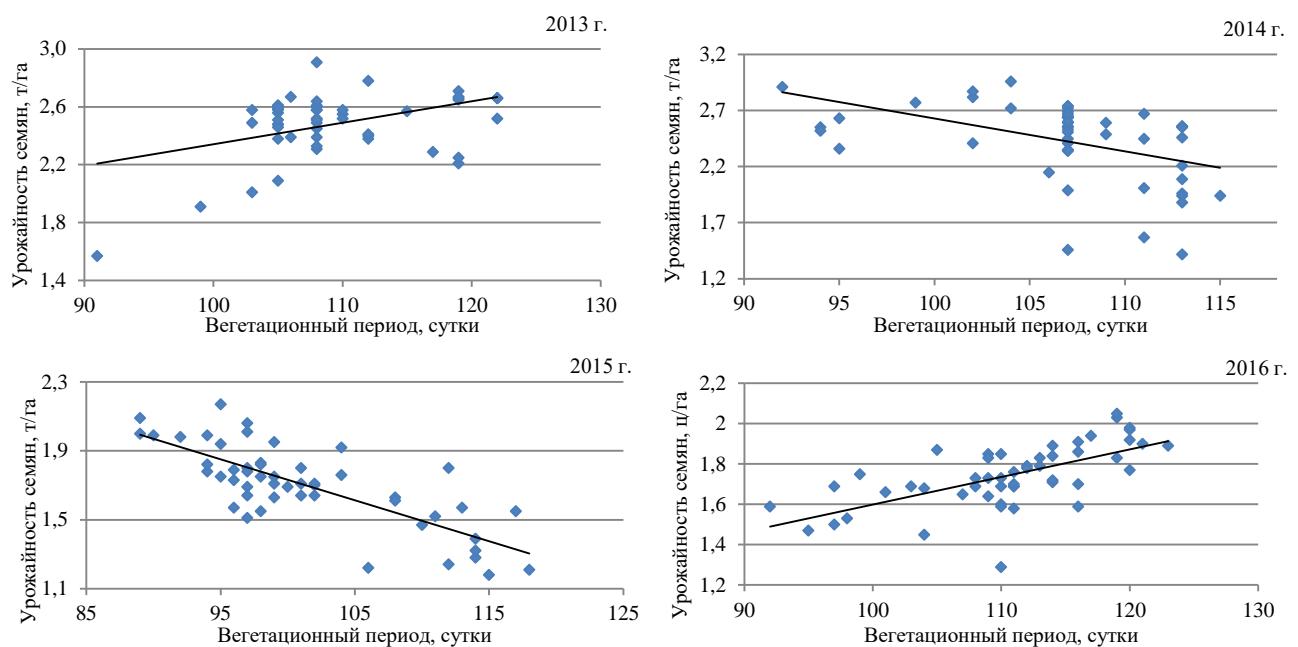


Рисунок 3 – Регрессионная зависимость урожайности семян от продолжительности вегетационного периода сортов сои в конкурсном сортоиспытании, 2013–2016 гг.

9.4 Масса семян и уборочный индекс как вектор отбора высокопродуктивных генотипов в селекционном питомнике в зависимости от продолжительности вегетационного периода. Параллельно с вышеописанным опытом проводили изучение соответствия рангов сортов, отобранных в селекционном питомнике (СП), по различным показателям с полученной урожайностью на делянках по типу контрольного питомника в последующие годы. Целью данного исследования было выявление признака (-ов) (масса семян, уборочный индекс или их сочетание), по которым более эффективно вести отбор в селекционном питомнике в зависимости от группы спелости сортов сои в разные по условиям вегетации годы.

В 2013 г. из отобранных в селекционном питомнике линий были сформированы три группы, различающиеся по продолжительности вегетационного периода. В каждой группе было подобрано по три комбинации, в пределах которых сформировано четыре подгруппы по три сорта: А – высокий уборочный индекс и высокая масса семян с делянки; Б – высокий уборочный индекс и низкая масса семян с делянки; В – низкий уборочный индекс и высокая масса семян с делянки; Г – низкий уборочный индекс и низкая масса семян с делянки. Таким образом, было сформировано три блока по 36 делянок в каждом. Данный селекционный материал высевался на делянках аналогично контролльному питомнику и на делянках по типу селекционного питомника СП-3.

Анализ данных проводили в пределах групп спелости. Сопоставление данных 2013 и 2014 гг. у очень ранних сортов с разным сочетанием признаков показало, что лучшими по массе семян на делянках по типу КП были сорта, отобранные в 2013 г. по варианту А, в 2015 и 2016 гг. – по варианту В, то есть оба варианта с максимальной массой семян с делянки. Данные в раннеспелой и

среднеспелой группах свидетельствовали о преимуществе отбора в 2013 г. по уборочному индексу, так как во все годы испытания более продуктивными оказались сорта, отобранные по вариантам Б и А.

Таким образом, был сделан вывод о том, что в очень ранней группе отбор следует вести в первую очередь по наибольшей массе семян с делянки, а в остальных группах спелости – по уборочному индексу.

9.5 Оценка эффективности отбора по массе семян и уборочному индексу высокопродуктивных сортов сои в селекционном питомнике в разные по условиям вегетации годы. Проверку нашей гипотезы было принято провести на данных по массе семян и уборочному индексу, полученных в селекционных питомниках 2013–2016 гг., и данных об урожайности семян в контрольных питомниках 2014–2017 гг.

Исходя из ранее установленных закономерностей, были построены графики взаимосвязи по данным конкурсного испытания, но уже не по всему питомнику в целом, а по группам спелости (рисунок 4). Из ранее сделанных выводов следует, что в 2013 г. отбор в селекционном питомнике для очень ранней группы нужно проводить по массе семян, а для остальных групп спелости по уборочному индексу).

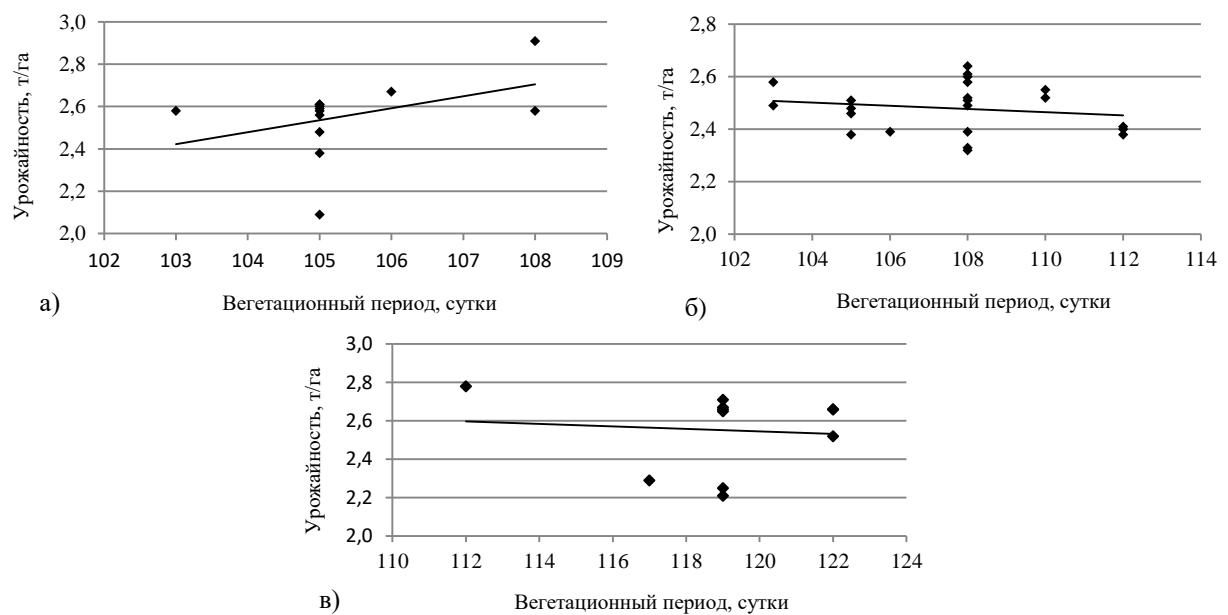


Рисунок 4 – Регрессия урожайности семян сортов сои на продолжительность их вегетационных периодов в конкурсном испытании 2013 г.:

а) очень ранняя группа; б) раннеспелая группа; в) среднеспелая группа,

Сопоставление данных урожайности семян селекционного и контрольного питомников 2014 г. полностью подтверждает сделанные выводы. В очень ранней группе урожайность оказалась выше у сортов, отобранных по наибольшей массе семян, а в двух других группах спелости – по наибольшему уборочному индексу (таблица 12). Аналогичные, подтверждающие главный признак отбора, графики и результаты в контрольном питомнике следующего года были построены для 2015–2017 гг.

Таблица 12 – Урожайность сортов сои в контролльном питомнике, 2014 г.

Группа спелости	Количество линий, шт.	Средняя урожайность, т/га	Урожайность лучших по уборочному индексу линий, т/га	Урожайность лучших по массе семян линий, т/га
Очень ранняя	84	2,83	2,82 (n=28)*	2,84 (n=28)
Раннеспелая	84	2,76	2,85 (n=28)	2,68 (n=28)
Среднеспелая	163	2,38	2,43 (n=54)	2,34 (n=54)

* n – количество отобранных линий, шт.

Таким образом, в селекционном питомнике сои выбор признака отбора в пределах каждой группы спелости следует проводить в зависимости от связи продолжительности периода вегетации и урожайности. Для этого требуется построение графиков отдельно по группам спелости, определяющим связь между продолжительностью вегетационного периода и урожайностью семян в конкурсном испытании. При положительной связи между этими показателями отбор в селекционном питомнике следует вести по массе семян с делянки, при отрицательной – по уборочному индексу.

9.6 Межделяночная конкуренция сортов сои в селекционных питомниках разного типа. Одним из факторов, влияющим на урожайность линий в селекционном питомнике, является межделяночная конкуренция. Как нами было установлено, часто рядом с продуктивным высококонкурентоспособным генотипом оказывается менее продуктивный. В связи с этим было решено изучить сорта, включенные в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, для исключения межгенотипической конкуренции растений внутри делянки и влияния краевого эффекта, так как в пределах одного сорта он идентичен. Мы усилили влияние межделяночной конкуренции тем, что сорта относились к трем разным группам спелости (Лира – очень ранняя, Славия – ранняя, Вилана – среднеранняя). Сорта высевали на делянках трех типов селекционных питомников, повторность шестикратная. Во всех типах питомников высевали сорта каждого сорта подряд (монопосев) и чередуя друг с другом.

Масса семян сорта Лира в среднем за три года на делянках разных типов в монопосеве изменялась от 228 до 260 г/м². При этом коэффициент вариации менялся от 2,6 % до 13,6 %. В большинстве случаев он был незначительным. Вариабельность биомассы была примерно в тех же пределах, в двух из девяти случаев превысив 10 % уровень. Вариабельность уборочного индекса в опыте была наименьшей 2,2–6,1 %,

Межделяночная конкуренция была тем выше, чем больше разница по продолжительности вегетационного периода. Так, сорт Славия оказывал несущественное влияние на изменение массы семян и биомассы сорта Лира практически во всех типах селекционного питомника. Урожайность сорта Лира при посеве рядом с сортом Вилана в СП-1 и СП-3 была достоверно ниже, чем в монопосеве. Сорт Вилана формировал существенно большую массу семян и биомассу, располагаясь рядом с сортом Лира, чем в монопосеве и рядом с сортом Славия в СП-1 и СП-3.

Фактически, если за 100 % брать урожайность сорта в монопосеве в каждом типе питомника, то конкурентоспособность сорта Лира была ниже рядом с сортом

Вилана на однорядных делянках. На делянках длиной 5 м урожайность была меньше на 11 %, длиной 2,5 м – на 15,9 %. На двурядной делянке урожайность уменьшалась всего на 3,9 %, из чего можно сделать вывод, что увеличенное в два раза количество краевых растений нивелирует значение межделяночной конкуренции.

Закономерно урожайность сорта Вилана рядом с сортом Лира в СП-1 и СП-3 увеличивалась. Однако на более коротких делянках на 11,2 %, а на делянках длиной 5 м на 12,3 %. Можно предположить, что вклад в урожайность краевых растений у более позднеспелого сорта ниже, чем у раннеспелого сорта. На двурядных делянках прибавка относительно монопосева составила всего 1,7 %, аналогично сорту Лира.

Таким образом, увеличенное в два раза количество краевых растений на двурядных делянках нивелирует межделяночную конкуренцию. В случаях, когда невозможно высевать генотипы в селекционном питомнике по группам спелости, целесообразно закладывать этот питомник по типу СП-2 (2 ряда длиной 2,5 м). Когда отбор в гибридном питомнике проводится в несколько сроков и селекционный питомник высевается с учетом вегетационного периода генотипов, целесообразно использовать однорядные делянки длиной 2,5 м. Этот тип делянок наиболее оптimalен и в связи с уменьшением объема работ при уборке.

9.7 Краевой эффект и показатели продуктивности. Предварительный анализ данных изучения межгенотипической конкуренции и значимость вклада краевых растений в общую урожайность генотипов на делянках разной величины показал необходимость изучения этого параметра. В 2020 г. на этом же наборе сортов дополнительно были заложены делянки и убранны без мощных краевых растений в питомнике по типу СП-1 (1 ряд длиной 2,5 м). Как правило, самые мощные растения – это 1–3 растения на первых 20 см делянки.

Масса семян у сорта Лира в монопосеве уменьшилась на делянках, убранных без краевых растений, на 9,3 %. Более существенные отличия отмечены при расположении сорта Лира рядом с сортом Славия, вклад краевых растений составил 23,7 %. Совсем противоположный результат был получен при выращивании очень раннего сорта рядом со среднеранним. И хоть превышение на рядах, убранных без краевых растений, было незначительным – на 2,8 %, это говорит о том, что в данном случае межгенотипическая конкуренция не компенсируется даже вкладом краевых растений в урожай с делянки.

Не позволило нивелирование вклада краевых растений в урожай с делянки снизить и коэффициент вариации. В двух случаях из трех он был выше на делянках, убранных без краевых растений. И хотя при чередующихся рядах с Виланой он снизился, все равно имел средний уровень.

Вклад в урожай краевых растений на делянках мы также оценивали в 2004 и 2005 гг. на сортах Дельта и Вилана. Прибавка от вклада краевых растений на трехметровых делянках у сорта Дельта составляла в среднем 146,2 г на 1 ряд или 108,3 г/м² в пересчете на площадь делянки, что позволяло сформировать на таких делянках на 30,6 % более высокий урожай, чем на делянках без краевых растений. На пятиметровых делянках вклад краевых растений был на том же уровне и составлял 152,4 г на 1 ряд, но пропорционально длине рядка эта масса

распределялась по 67,7 г/м², а вклад краевых растений в массу семян с делянки составлял 20,2 %.

Уборочный индекс во всех вариантах опыта изменялся от 0,45 до 0,50. Разница между вариантами с краевыми растениями и без них в большинстве случаев была в пределах 0,01–0,02, что в очередной раз подчеркивает стабильность этого показателя и позволяет использовать его как стабильный критерий оценки генотипа.

Для уточнения реакции разных генотипов на уборку с краевыми растениями и без них, в 2020 г. был частично продублирован контрольный питомник на пятиметровых делянках. Высевалось по 20 генотипов трех групп спелости по два ряда. Один ряд убирался полностью, на втором не убирали крайние растения. Таким образом, с одной стороны рядка межгенотипической конкуренции не было.

В очень ранней группе масса семян с делянок, убранных полностью, составила 626 г, без краевых растений – на 4,8 % меньше. Биомасса соответственно составляла 1474 и 1364 г. При этом уборочный индекс на делянках, убранных с краевыми растениями, составил 0,42, а без них – 0,44. Парное сравнение генотипов показало, что у 13 из них масса семян с делянок, убранных с краевыми растениями, была выше на 4–204 г, у семи, напротив, – ниже на 10–154 г.

Корреляционный анализ трех показателей, характеризующих линии, выращенные на однорядных делянках, и данных по урожайности, полученных в контролльном питомнике в 2020 г., показал отсутствие значимых закономерностей. Можно отметить тенденцию более высоких связей данных, полученных на делянках, убранных с краевыми растениями. Так, корреляция между массой семян на однорядных делянках и уборочным индексом составила соответственно 0,51 и 0,65, а связь массы семян в контролльном питомнике с биомассой на однорядных делянках – 0,35 и 0,43.

Уборка рядка целиком дает дополнительную характеристику: в засушливые годы если краевые растения вносят больший вклад в общую массу семян с делянки, при этом не уменьшая уборочный индекс, это свидетельствует о повышенной засухоустойчивости генотипов; в годы с достаточной влагообеспеченностью высокопродуктивные генотипы – рационально используют дополнительную площадь питания и формируют дополнительный урожай. Таким образом считаем целесообразным убирать однорядные делянки в селекционном питомнике полностью.

9.8 Эффективность методики отбора высокопродуктивных генотипов сои в селекционном питомнике. Проведена оценка работоспособности разработанной методики отбора генотипов в селекционном питомнике на основе анализа выделившихся в конкурсном сортоиспытании в 2023 г. высокопродуктивных генотипов сои и признаков, по которым они были отобраны в селекционных питомниках в 2017, 2019, 2020 гг.

В группе очень ранних сортов сои был проведен ретроспективный анализ исходной линии Д-16/23 (Л-13-842×Л-16/15), превысившей стандартный сорт Баргузин в 2023 г. на 0,54 т/га. На этапе гибридного питомника проводился отбор растений с учетом разработанной модели сорта. Отбор в селекционном питомнике основывался на связи урожайности с продолжительностью вегетационного

периода у сортов от очень ранней до ранней групп спелости в конкурсном сортоиспытании. В 2020 г. эта связь была положительной, следовательно, отбор надо было проводить по максимальной массе семян с делянки. При этом отобранные в селекционном питомнике линии созревали раньше генотипов в конкурсном сортоиспытании в среднем на 10 суток, что не позволяет с точностью утверждать, что данное направление отбора может быть применено к генотипам этой очень ранней группы спелости.

Всего в контрольный питомник из 13 самых очень ранних линий селекционного питомника, было отобрано девять. Минимальная масса семян с делянки у этих линий составляла 360 г, максимальная – 686 г. Уборочный индекс изменялся от 0,39 до 0,47. Линия Д-16/23 была выделена в 2020 г. по уборочному индексу (0,43) и высокой визуальной оценке. Стоит отметить, что она характеризовалась самой низкой массой семян в этой группе спелости и без учета уборочного индекса в контрольный питомник не попала бы. В 2025 г. эта линия под названием Титан передана на Государственное сортоиспытание.

В среднеранней группе одной из выделившихся линий была Д-249/23 (Вилана×Д-2350/14), превысившая по урожайности стандарт на 0,45 т/га. В 2019 г. из 14 линий этой комбинации было отобрано в контрольный питомник девять. В конкурсном сортоиспытании среднеранней и средней групп спелости между урожайностью и продолжительностью вегетационного периода была отмечена положительная связь. Следовательно, отбор надо было вести по массе семян.

У лучших линий, полученных в результате скрещивания Вилана × Д-2350/14, масса семян изменялась от 548 до 736 г, уборочный индекс находился в диапазоне 0,39–0,44. Линия Д-249/23 характеризовалась достаточно высоким уборочным индексом (0,42), была лучшей по массе семян (736 г) и визуальной оценке. В питомник предварительного сортоиспытания была отобрана всего одна линия этой комбинации, продолжавшая показывать высокие результаты в течение двух лет в конкурсном сортоиспытании.

Таким образом, разработанная методика оценки линий в селекционном питомнике по массе семян или уборочному индексу в пределах отдельных групп спелости с учетом связи урожайности и продолжительности вегетационного периода в год отбора эффективна. Также отбирать следует линии с максимальными показателями менее значимого параметра (уборочного индекса или массы семян) в конкретной группе спелости, для недопущения потери высокопродуктивных линий на завершающих этапах селекции.

10 Характеристика сортов, созданных на основе разработанной модели и критериев оценки селекционного материала. Реализация оригинальных научных разработок во ВНИИМК позволила создать серию высокоурожайных сортов сои разных групп спелости с повышенной стабильностью продуктивности, пользующихся высоким спросом у покупателей. За период проведения работы нами в соавторстве получено 20 патентов на селекционные достижения. В главе 10 диссертации описано создание 9 сортов сои. Один из примеров создания сорта сои приведен ниже.

В 2005 г. в гибридизацию в качестве отцовской формы был включен один из первых сортов кубанской селекции Кубанская 276, характеризующийся высоким уборочным индексом и потенциальной продуктивностью, материнской формой была перспективная линия Л-6/04 (в последствии сорт Славия). Одновременно с искусственной гибридизацией был заложен питомник получения спонтанных гибридов по методу, разработанному селекционерами ВНИИМК. Отбор в популяции Славия × Кубанская 276 велся по методу Педигри с учетом фенотипических проявлений параметров разработанной модели сорта (см. раздел 5). В 2008 г. в популяции Sp.g. F₃ была отобрана одна линия, которую уже в 2009 г. испытывали на делянке по типу контрольного питомника (Л-3076/09). Кроме того, в 2009 г. в гибридном питомнике F₄ было отобрано еще восемь линий этой комбинации. В 2010 г. пять из них были высажены в контрольном питомнике. Две линии из пяти были отобраны по высокой массе семян и три по высокому уборочному индексу, в том числе исходная линия Л-3076/09. Также в контрольный питомник были включены 17 линий, отобранных в питомнике Sp.g. F₄. В 2013 г. в конкурсном сортоиспытании испытывали 10 раннеспелых линий комбинации Славия × Кубанская 276. Линия Д-11/2013 (Л-3076/09), по результатам конкурсного сортоиспытания в 2013 г. и данных испытаний предыдущих лет, была передана на государственное сортоиспытание под названием Олимпия. В 2016 г. сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по 5, 6, 8 регионам.

Уникальной особенностью сорта Олимпия является то, что он получен в результате спонтанной гибридизации, отбора по признакам разработанной модели сорта, очень раннего отбора линии в поколении F₃, характеризующейся высоким уборочным индексом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что повышение урожайности раннеспелых сортов сои в условиях Юга европейской части России обусловлено возрастанием адаптационного потенциала растений, выражющегося в устойчивости к колебаниям агрометеорологических условий в период вегетации. Признаки, ассоциированные с продуктивностью: раннее начало цветения, его увеличенная продолжительность и рациональное перераспределение ассимилятов в генеративные органы.

2. Установлено, что в процессе селекции раннеспелых сортов произошло увеличение высоты растений, снижение высоты прикрепления нижнего боба, уменьшение числа ветвей и бобов на растении при одновременном росте числа семян в бобе и на растении, крупности семян при стабильном количестве бобов на один узел. Преимущество имеют сорта с большим количеством бобов в нижнем и среднем ярусах растения. Высокая продуктивность сои обеспечивается ограниченным развитием листьев и стеблей в начальный период роста, особенно в годы с достаточным количеством осадков в начале вегетации и интенсивным накоплением биомассы в период цветения. Подтверждена ценность отсутствия роста вегетативных органов после цветения.

3. Содержание масла и белка в семенах существенно не изменилось в результате селекции. При этом современные сорта с более высокой семенной продуктивностью накапливают больше белка и масла на единицу площади. Содержание ТИА у сорта Быстрица 2, созданного в 1994 г., и сорта Альба, созданного в 2007 г., выше, чем у сортов, созданных за период времени между ними, тем не менее возможно снижение этого показателя без изменения содержания белка в семенах.

4. Проверка разработанной модели сорта на ранее созданных и включенных в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в период с 2009 по 2018 гг., сортах подтвердила ее адекватность. Урожайность новых сортов на 23,5 % выше, чем у сортов предыдущего периода селекции (1994–2007 гг.). Большинство запланированных параметров достигнуто или оказалось выше, при этом следует продолжить отбор растений на увеличение продолжительности цветения за счет сокращения периода всходы – начало цветения. Дополнительно следует обращать внимание на снижение массы и доли стебля в общей биомассе растений, не допускать снижения удельной поверхностной плотности листа.

5. Выявлено, что показатель общей адаптивной способности (средняя урожайность сорта в разных условиях произрастания) отражает потенциал продуктивности. Средние значения уборочного индекса в засушливые годы являются надежным информативным критерием оценки засухоустойчивости. Тесные генотипические корреляции уборочного индекса с другими признаками устойчивости подтверждают его селекционную ценность и позволяют использовать как надежный критерий отбора уже на ранних этапах селекции сои для условий Юга европейской части России.

6. Показано, что экологическое стандартное отклонение (S_i) и коэффициент регрессии урожайности (b_i) равнозначны при условии стабильной структуры факторов среды. Их использование должно сопровождаться предварительным анализом однородности группы сравниваемых сортов по продолжительности вегетационного периода.

7. Изучение разных по габитусу, потенциалу продуктивности, засухоустойчивости сортов в диапазоне густоты стояния растений (от 100 до 600 тыс. раст./га) свидетельствует об увеличении в засушливых условиях зависимости урожая семян от уборочного индекса с увеличением густоты стояния растений от 0,898 до 0,924. Зависимость от биомассы в этих условиях несущественна и уменьшается при загущении. В благоприятные по влагообеспеченности годы урожайность семян в загущенном посеве зависит от аттрагирующей способности генотипов, отрицательное влияние увеличенной биомассы растений на семенную продуктивность в этих условиях более выражено в разреженном посеве.

8. Несмотря на влияние межгенотипической конкуренции на биомассу и урожай семян, уборочный индекс остается стабильным показателем и высоко коррелирует между данными в монопосеве и в смешанных посевах. Это позволяет использовать его в качестве критерия для оценки различных генотипов на начальных этапах отбора в гибридном питомнике, включая условия водного дефицита и конкурентной нагрузки внутри ценоза сои.

9. Оценки урожайности селекционного материала в контрольном питомнике (КП) завышены по сравнению с конкурсным сортоиспытанием (КСИ) на 11,5 %, а селекционного питомника (СП) в зависимости от конфигурации делянки – на 20,7; 32,2 и 33,2 %. Изменчивость урожая в КП незначительно (на 1,4 %) больше, чем в КСИ (12,2 % против 10,8 %), в селекционных питомниках трех конфигураций – в 1,4–1,8 раза выше, чем в КСИ, что свидетельствует о необъективности оценок потенциальной продуктивности генотипов на малых делянках. Коэффициент вариации по уборочному индексу в 1,7 раза ниже, чем по массе семян, что доказывает большую стабильность уборочного индекса.

10. Межделяночная конкуренция значительно влияет на массу семян и биомассу растений у сортов сои при размещении рядом разных по вегетационному периоду генотипов. Уборочный индекс является наиболее стабильным признаком и не изменяется в зависимости от типа селекционного питомника и соседних генотипов, поэтому при оценке материала в селекционном питомнике следует учитывать его показатели. Отсутствие стабильных закономерностей при уборке с краевыми растениями и без них на фоне повышения коэффициента вариации на делянках, убранных без краевых растений, свидетельствует о преимуществе уборки рядов с краевыми растениями.

11. Уборка в селекционном питомнике рядка полностью дает дополнительную характеристику: если крайние растения вносят больший вклад в общую массу семян с делянки, при этом не уменьшая уборочный индекс в засушливые годы, это указывает на повышенную засухоустойчивость генотипов, при достаточной влагообеспеченности – подтверждает возможность генотипа рационально использовать дополнительную площадь питания и формировать дополнительный урожай даже в изреженном посеве. Таким образом, считаем целесообразным убирать однорядные делянки в селекционном питомнике полностью.

12. Увеличенное в два раза количество краевых растений на двухрядных делянках нивелирует межделяночную конкуренцию, а межгенотипическая конкуренция более скороспелого генотипа нивелирует вклад краевых растений в общую массу семян с делянки. При невозможности высевать генотипы в селекционном питомнике по группам спелости, необходимо закладывать этот питомник по типу СП-2 (2 ряда длиной 2,5 м). Если отбор в гибридном питомнике проводится в несколько сроков и селекционный питомник высевается с учетом вегетационного периода генотипов, целесообразно использовать однорядные делянки длиной 2,5 м. Этот тип делянок наиболее оптимален и в связи с уменьшением объема работ при уборке.

13. В селекционном питомнике сои выбор признака отбора в пределах каждой группы спелости следует проводить в зависимости от связи продолжительности периода вегетации и урожайности в питомнике конкурсного испытания. Для этого требуется построение графиков отдельно по группам спелости, определяющим связь между продолжительностью вегетационного периода и урожайностью семян. При положительной корреляционной связи между этими показателями отбор в селекционном питомнике следует вести по массе семян с делянки, при отрицательной – по уборочному индексу. Отбирать следует

линии с максимальными показателями менее значимого параметра (уборочного индекса или массы семян) в конкретной группе спелости для недопущения потери высокопродуктивных линий на завершающих этапах селекции.

14. Высокая продуктивность и фенотипическая выровненность генотипов сои могут быть достигнуты в разных поколениях гибридных популяций, при этом наилучшие потомства нередко формируются уже в F_3 , что делает целесообразным ранний отбор при наличии визуально выровненных потомств одного растения. Подтверждена возможность создания сортов сои с использованием раннего отбора фенотипически выровненных линий, полученных в результате спонтанной гибридизации и отбора в селекционном питомнике по величине уборочного индекса. Таким сортом является сорт Олимпия, включенный в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2016 г. по Центрально-Черноземному (5), Северо-Кавказскому (6) и Нижневолжскому регионам (8).

15. Сочетание разработанной модели сорта, методики отбора потенциально продуктивных генотипов, использование естественной и искусственной гибридизации, отбор в разных поколениях фенотипически выровненных потомств, начиная с F_3 , применение рекуррентной селекции позволяют создавать новые сорта, востребованные в производстве в условиях неустойчивого увлажнения Юга европейской части России.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКИ

1. Проводить отбор фенотипически выровненных потомств сои, начиная с поколения F_3 , при наличии возможностей для увеличения количества обмолачиваемых индивидуальных растений и подготовки их к посеву. Рекомендуется применять метод Педигри при высеве лучших комбинаций F_2 . В селекционном питомнике отмечать расщепление по окраске венчика во время цветения и при созревании из расщепляющихся по окраске венчика и опушения рядов, визуально оцениваемых как рекомендуемых к уборке, проводить отбор индивидуальных растений для возврата их в селекционный питомник в следующем сезоне.

2. В условиях неустойчивого увлажнения Юга европейской части России при создании раннеспелых сортов сои отбирать высокорослые генотипы сои, характеризующиеся минимальным периодом всходы – начало цветения, отличающиеся повышенным числом генеративных органов в нижнем и среднем ярусах растения и минимальной abortivностью семян в бобах.

3. Для оценки комбинаций на ранних этапах селекции, в условиях межгенотипической конкуренции внутри гибридной популяции, использовать показатель уборочного индекса. Это возможно проводить, начиная со второго–третьего поколения в гибридном питомнике, путем взвешивания снопов до обмолота.

4. При создании сортов сои для условий неустойчивого увлажнения Юга европейской части России использовать разработанную модель раннеспелого сорта и методику отбора потенциально высокопродуктивных и адаптивных к засухе генотипов сои с обязательным учетом уборочного индекса как надежного критерия селекционного отбора.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ:

1. Дьяков, А.Б. Оценка потенциалов урожайности и засухоустойчивости сортов сои / А.Б. Дьяков, **М.В. Трунова**, Т.А. Васильева // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2009. – Вып. 2 (141). – С. 78–86.
2. Дьяков, А.Б. Взаимосвязь между параметрами стабильности и адаптивности сортов / А.Б. Дьяков, **М.В. Трунова** // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2010. – Вып. 1 (142–143). – С. 80–86.
3. **Трунова, М.В.** Соответствие оценок на делянках селекционного питомника оценкам урожаев в конкурсном сортоиспытании сои / М.В. Трунова, А.В. Кочегура // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2015. – Вып. 1 (161). – С. 41–45.
4. Зеленцов, С.В. Ранний засухоустойчивый сорт сои Селена / С.В. Зеленцов, А.В. Кочегура, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 138–140.
5. **Трунова, М.В.** Возможность повышения точности оценок урожайности селекционного материала сои в ранних питомниках / М.В. Трунова, А.В. Кочегура // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2016. – Вып. 3 (167). – С. 9–15.
6. Зайцев, Н.И. Современные направления и методы селекции сои для юга России / Н.И. Зайцев, С.В. Зеленцов, **М.В. Трунова** // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – Вып. 2 (59). – С. 155–162.
7. **Трунова, М.В.** Модель раннеспелого сорта сои для южно-европейской части России / М.В. Трунова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2017. – Вып. 170. – С. 27–36.
8. Зеленцов, С.В. Высокобелковый холодоустойчивый сорт сои Ирбис / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, А.А. Ткачева, С.А. Рамазанова, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2017. – Вып. 3 (171). – С. 115–119.
9. **Трунова, М.В.** Методика отбора высокопродуктивных генотипов сои в селекционном питомнике / М.В. Трунова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2017. – Вып. 4 (172). – С. 25–30.
10. Зеленцов, С.В. Очень ранний сорт сои Пума / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, А.А. Ткачева, С.А. Рамазанова, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 148–151.
11. Зеленцов, С.В. Очень ранний сорт сои Вита / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, А.А. Ткачева, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2018. – Вып. 3 (175). – С. 157–160.
12. **Трунова, М.В.** Признаки отбора сортов сои в селекционном питомнике в зависимости от продолжительности вегетационного периода / М.В. Трунова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2018. – Вып. 4 (176). – С. 23–26.
13. **Трунова, М.В.** Эффективность отбора по массе семян и уборочному индексу высокопродуктивных сортов сои в селекционном питомнике в разные по

условиям вегетации годы / М.В. Трунова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 9. – С. 98–102.

14. Зеленцов, С.В. Среднеранний сорт сои Барс / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, Г.М. Саенко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 1 (177). – С. 138–142.

15. Зеленцов, С.В. Среднеранний холодоустойчивый сорт сои Иней / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, Л.В. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 3 (179). – С. 160–164.

16. Зеленцов, С.В. Холодоустойчивый сорт сои северного экотипа Баргузин / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, Л.В. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 1 (181). – С. 132–139.

17. Зеленцов, С.В. Среднеранний теневыносливый сорт сои Вилана бета / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 1 (181). – С. 140–146.

18. Зеленцов, С.В. Высокобелковый сорт сои Грея / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 4 (184). – С. 91–95.

19. Зеленцов, С.В. Холодоустойчивый сорт сои северного экотипа Саяна / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 1 (185). – С. 95–102.

20. Зеленцов, С.В. Ранний холодо- и засухоустойчивый сорт сои Триада / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 2 (186). – С. 92–97.

21. Зеленцов, С.В. Ранний засухоустойчивый сорт сои Любава / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, Е.Н. Будников, Г.М. Саенко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2022. – Вып. 1 (189). – С. 83–87.

22. Зеленцов, С.В. Среднеранний холодо- и засухоустойчивый сорт сои Елисей / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, Е.Н. Будников, Г.М. Саенко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2022. – Вып. 3 (191). – С. 109–112.

23. Зеленцов, С.В. Очень ранний сорт сои Забава / С.В. Зеленцов, А.И. Катюк, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2023. – Вып. 1 (193). – С. 100–105.

24. Зеленцов, С.В. Очень высокорослый среднеспелый сорт сои Мамонт / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2023. – Вып. 4 (196). – С. 110–115.

25. Зеленцов, С.В. Устойчивый к полеганию, крупносемянный сорт сои Рысь / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2023. – Вып. 4 (196). – С. 116–120.

26. Лукомец, В.М. Особенности высокорослого среднеспелого сорта сои Ягуар с признаком ускоренного прироста надземной биомассы / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2024. – Вып. 1 (197). – С. 24–31.

27. Зеленцов, С.В. Повышение эффективности селекции сои с пониженней реакцией на длину дня на примере сорта Липчанка / С.В. Зеленцов, Д.И. Паспеков,

Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2024. – Вып. 1 (197). – С. 32–39.

28. **Трунова, М.В.** Эффективность методики отбора высокопродуктивных генотипов сои в селекционном питомнике / М.В. Трунова // Масличные культуры. – 2024. – Вып. 4 (200). – С. 19–24.

29. Паспеков, Д.И. Особенности реакции очень раннего в Западном Предкавказье сорта сои Своя на широтные и климатические условия Центрального Черноземья / Д.И. Паспеков, А.А. Тевченков, С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2024. – Вып. 4 (200). – С. 25–31.

30. Зеленцов, С.В. Ранний сорт сои Краса / С.В. Зеленцов, А.И. Катюк, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2025. – Вып. 1 (201). – С. 132–137.

31. Махонин, В.Л. Урожай сортов сои и его качество в зависимости от дозы припосевного удобрения на черноземе, выщелоченном Западного Предкавказья / В.Л. Махонин, В.А. Тильба, **М.В. Трунова** // Масличные культуры. – 2025. – Вып. 2 (202). – С. 79–89.

32. Зеленцов, С.В. Ранний засухоустойчивый сорт сои интенсивного типа Кихара / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, **М.В. Трунова** [и др.] // Масличные культуры. – 2025. – Вып. 2 (202). – С. 136–141.

Патенты:

33. Соя Славия / С.В. Зеленцов, А.В. Кочегура, **М.В. Мирошниченко** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 4925. – Заявка № 9359832 зарегистрирована 06.12.2006.

34. Соя Чара / Е.Н. Будников, А.Б. Дьяков, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 6899. – Заявка № 9052927 зарегистрирована 07.12.2009.

35. Соя Олимпия / Е.Н. Будников, А.В. Вайлова, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 8522. – Заявка № 8654040 зарегистрирована 20.11.2013.

36. Соя Селена / С.В. Зеленцов, А.В. Кочегура, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 9847. – Заявка № 8456967 зарегистрирована 16.11.2015.

37. Соя Ирбис / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 10235. – Заявка № 8355366 зарегистрирована 10.11.2016.

38. Соя Пума / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 10236. – Заявка № 8355367 зарегистрирована 10.11.2016.

39. Соя Вита / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 11247. – Заявка № 8261470 зарегистрирована 14.11.2017.

40. Соя Барс / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 11248. – Заявка № 8261471 зарегистрирована 14.11.2017.

41. Соя Иней / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 11564. – Заявка № 8153248 зарегистрирована 09.10.2018.

42. Соя Баргузин / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 12170. – Заявка № 8057389 зарегистрирована 14.08.2019.

43. Соя Вилана бета / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 12261. – Заявка № 8057390 зарегистрирована 16.08.2019.

44. Соя Грэя / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 12990. – Заявка № 7953323 зарегистрирована 24.08.2020.
45. Соя Саяна / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 12991. – Заявка № 7953358 зарегистрирована 24.08.2020.
46. Соя Триада / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 12992. – Заявка № 7953322 зарегистрирована 24.08.2020.
47. Соя Любава / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 13560. – Заявка № 7852759 зарегистрирована 30.08.2021.
48. Соя Елисей / Л.А. Бубнова, Е.Н. Будников, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 13561. – Заявка № 7852760 зарегистрирована 30.08.2021.
49. Соя Рысь / Е.Н. Будников, С.В. Зеленцов, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 13997. – Заявка № 7754562 зарегистрирована 18.08.2022.
50. Соя Забава / Е.Н. Будников, К.А. Булатова, М.В. Трунова [и др.] // Патент на селекционное достижение № 13998. – Заявка № 7754592 зарегистрирована 06.09.2022.
51. Соя Мамонт / Е.Н. Будников, С.В. Зеленцов, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 13999. – Заявка № 7754758 зарегистрирована 04.10.2022.
52. Соя Себур / Н.И. Зайцев, С.В. Зеленцов, **М.В. Трунова** [и др.] // Патент на селекционное достижение № 14000. – Заявка № 7754572 зарегистрирована 07.10.2022.

Научные статьи в других изданиях:

53. Кочегура, А.В. Выявление критериев отбора растений сои при селекции стабильно урожайных сортов в условиях усугубляющейся нестабильности климата юга России / А.В. Кочегура, А.Б. Дьяков, С.В. Зеленцов, **М.В. Трунова** [и др.] // В кн.: Вклад фундаментальных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края. – 2008. – С. 145.
54. Кочегура, А.В. Время зацветания и продолжительность цветения как признаки адаптивности сортов сои к недостатку влаги / А.В. Кочегура, **М.В. Трунова** // Съезд генетиков и селекционеров, посвященный 200-летию со дня рождения Чарлза Дарвина // V Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, 21–28 июня 2009 г. – М., 2009. – С. 251.
55. Кочегура, А.В. Оптимизация параметров ассимиляционного аппарата у сортов сои, предназначенных для выращивания в условиях недостаточного увлажнения / А.В. Кочегура, **М.В. Трунова** // Съезд генетиков и селекционеров, посвященный 200-летию со дня рождения Чарлза Дарвина // V Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, 21–28 июня 2009. – М., 2009. – С. 345.
56. Кочегура, А.В. Морфобиологические особенности растений сои, адаптированных к условиям недостаточного увлажнения юга России / А.В. Кочегура, **М.В. Трунова** // Материалы науч.-практ. конф. Кубанского отделения ВОГиС. – Краснодар, 2009. – С. 28–34.
57. **Кочегура, А.В.** Эффективный тип растения среднеспелого сорта сои для условия недостаточного увлажнения юга России / А.В. Кочегура, **М.В. Трунова** // Материалы науч.-практ. конф. Кубанского отделения ВОГиС. – Краснодар, 2009. – С. 121–122.
58. **Трунова, М.В.** Морфофизиологический тип растения сои, адаптированного к условиям недостаточного увлажнения юга России /

М.В. Трунова, А.В. Кочегура // Экологическая генетика культурных растений: материалы Всероссийской школы молодых ученых, 21–26 сентября 2009 г., Краснодар, ВНИИ риса. – Краснодар, 2009. – С. 235–241.

59. **Трунова, М.В.** Показатели роста растений сои и их связь с семенной продуктивностью / М.В. Трунова // Материалы Международной научно-практической конференции «Интенсификация и оптимизация производственного процесса сельскохозяйственных растений», Орел, 6–8 октября 2009 г. – С. 162–167.

60. Кочегура, А.В. Потенциал современных сортов сои для юга европейской части России / А.В. Кочегура, **М.В. Трунова** // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 42–44.

61. Кочегура, А.В. Состояние производства сои на Северном Кавказе / А.В. Кочегура, В.М. Лукомец, **М.В. Трунова** // Аграрные проблемы соесеющих территорий Азиатско-Тихоокеанского региона: материалы международной научно-практической конференции. – Благовещенск, 2011. – С. 27–33.

62. **Трунова, М.В.** Особенности высокопродуктивных раннеспелых сортов сои, адаптированных к возделыванию в условиях Западного Предкавказья / М.В. Трунова // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2016. – № 11 (53). – Ч. 5. – С. 52–55.

63. Лукомец, В.М. Научное обеспечение роста производства масличных культур в РФ. Перспективы совместных работ ученых России и Узбекистана / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, **М.В. Трунова** // Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы развития агротехнологии выращивания и переработки сои в Узбекистане», 15–16 декабря 2017 г. – Ташкент, 2017. – С. 44–50.

64. Tolokonnikov, V.V. The models of soybean varieties adapted to dry conditions / V.V. Tolokonnikov, L.V. Vronskaya, **M.V. Trunova** [и др.] // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science «Advances in Science for Agriculture «Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex» 2021. – № статьи 012013.

65. Лукомец, В.М. Адаптивная селекция масличных культур / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, Н.И. Бочкирев, **М.В. Трунова** // Теория и практика адаптивной селекции растений (Жученковские чтения VI) // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 25 сентября 2020 г. – Краснодар. – КубГАУ. – 2021. – С. 22–25.

66. **Trunova, M.V.** Inter-plot competition of soybean cultivars in breeding nurseries of the different types / M.V. Trunova // International Scientific and Practical Conference «Current Issues of Biology, Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops» (CIBTA2022), Krasnodar, 2022 // AIP Conf. Proc. – 2023. – Vol. 2777. Art. No. 020082.

67. **Трунова, М.В.** Соответствие параметров современных раннеспелых сортов сои разработанной модели для Южно-Европейской части России / М.В. Трунова // Инновационное развитие агропромышленного комплекса: новые подходы и актуальные исследования: материалы Международной научно-практической конференции в рамках мероприятий «Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации», 300-летия Российской академии наук. – Краснодар, 2024. – С. 381–384.

Научное издание

ТРУНОВА Марина Валериевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ
И ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКЦИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОРТОВ СОИ**

Подписано в печать 2025 г. формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. – 2,0 л. Тираж 100 экз. заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.350044, г.
Краснодар, ул. Калинина, 13