

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ В.С. ПУСТОВОЙТА»
(ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК)

На правах рукописи



ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ
И ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКЦИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОРТОВ СОИ

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

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

Краснодар – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ГЕНЕТИЧЕСКОЕ УЛУЧШЕНИЕ РАСТЕНИЙ И МЕТОДОВ ОТБОРА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	17
1.1 Производство сои в Российской Федерации.....	17
1.2 Модель сорта как способ обеспечения генетического прогресса в селекции растений.....	20
1.3 Ретроспективное изучение сортов сельскохозяйственных культур.....	23
1.4 Лимитирующие факторы при выращивании сои в регионах соосеяния.....	29
1.5 Длительность вегетационного и межфазных периодов сои и их значение в селекционном процессе.....	30
1.6 Физиолого-морфологические аспекты продуктивности: фотосинтез, листовая поверхность и адаптация к водному стрессу.....	32
1.7 Скорость роста, сухая масса и перераспределение ассимилятов как факторы продуктивности растений.....	40
1.8 Уборочный индекс как интегральный показатель продуктивности и объект селекции.....	43
1.9 Методы и эффективность отбора в селекционном питомнике.....	51
1.10 Стабильность и адаптивность генотипов сои: значение, методы оценки и интерпретация параметров.....	59
2 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	65
2.1 Почвенно-климатические условия при проведении опытов.....	65
2.2 Материал, схема и методика исследований.....	68
3 ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ РАЗНЫХ ЛЕТ СЕЛЕКЦИИ.....	73
3.1 Хозяйственно-биологические признаки.....	74
3.1.1 Продолжительность вегетационного и межфазных периодов.....	75

3.1.2 Морфологические особенности растений сои.....	78
3.1.3 Элементы структуры урожая.....	81
3.2 Семенная и биологическая урожайность.....	85
3.2.1 Надземная биомасса растений.....	86
3.2.2 Урожайность семян.....	87
3.2.3 Биохимический состав семян.....	87
3.3 Особенности продукционного процесса у раннеспелых сортов сои разных лет селекции.....	91
3.3.1 Уборочный индекс.....	91
3.3.2 Динамика формирования биомассы по фазам развития.....	94
3.3.3 Формирование фотосинтетического аппарата.....	99
3.3.3.1 Листовая поверхность.....	100
3.3.3.2 Удельная поверхностная плотность листьев.....	107
3.3.4 Динамика формирования генеративных органов по фазам развития растений.....	109
3.3.5 Распределение урожая семян по ярусам растения.....	115
3.3.6 Особенности семяобразования.....	117
4 МОДЕЛЬ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО РАННЕСПЕЛОГО СОРТА СОИ ДЛЯ УСЛОВИЙ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.....	122
4.1 Хозяйственно-биологические признаки растений сои.....	122
4.2 Морфологические признаки растений.....	123
5 СООТВЕТСТВИЕ СОВРЕМЕННЫХ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.....	129
6 ВЫЯВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОТБОРА РАСТЕНИЙ СОИ ПРИ СЕЛЕКЦИИ СТАБИЛЬНО УРОЖАЙНЫХ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ УСУГУБЛЯЮЩЕЙСЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КЛИМАТА ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.....	147

6.1 Оценка потенциалов урожайности и засухоустойчивости сортов сои...	147
6.2 Взаимосвязь между параметрами экологической стабильности и адаптивности сортов возделываемых растений сои.....	156
7 ОТБОР ПОТЕНЦИАЛЬНО ПРОДУКТИВНЫХ ГЕНОТИПОВ В РАЗНЫХ ГИБРИДНЫХ ПОКОЛЕНИЯХ.....	165
8 РОЛЬ УБОРОЧНОГО ИНДЕКСА В СЕЛЕКЦИИ СОИ.....	173
8.1 Изменение уборочного индекса сортов сои в зависимости от густоты стояния растений в условиях контрастного влагообеспечения.....	173
8.2 Изменчивость уборочного индекса в зависимости от межгенотипической конкуренции.....	181
9 ОТБОР ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ГЕНОТИПОВ СОИ В СЕЛЕКЦИОННОМ ПИТОМНИКЕ.....	186
9.1 Соответствие оценок на делянках селекционного питомника оценкам урожаев в конкурсном сортоиспытании сои.....	186
9.2 Определение оптимальной конфигурации делянки в селекционном питомнике.....	192
9.3 Связь хозяйственно полезных признаков с влагообеспеченностью и температурой воздуха как критерий направления отбора в селекционном питомнике.....	200
9.4 Масса семян и уборочный индекс как вектор отбора высокопродуктивных генотипов в селекционном питомнике в зависимости от продолжительности вегетационного периода.....	206
9.5 Оценка эффективности отбора по массе семян и уборочному индексу высокопродуктивных сортов сои в селекционном питомнике в разные по условиям вегетации годы.....	210
9.6 Межделяночная конкуренция сортов сои в селекционных питомниках разного типа.....	216
9.7 Краевой эффект и показатели продуктивности.....	227
9.8 Эффективность методики отбора высокопродуктивных генотипов сои в селекционном питомнике.....	245

10 ХАРАКТЕРИСТИКА СОЗДАННЫХ СОРТОВ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ

СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.....	255
10.1 Раннеспелый сорт сои Чара.....	256
10.2 Раннеспелый сорт сои Олимпия.....	258
10.3 Очень ранний сорт сои Вита.....	261
10.4 Очень ранний сорт сои Пума.....	263
10.5 Ранний холодо- и засухоустойчивый сорт сои Триада.....	265
10.6 Среднеранний холодо- и засухоустойчивый сорт сои Елисей.....	267
10.7 Ранний засухоустойчивый сорт сои Любава.....	269
10.8 Ранний засухоустойчивый сорт сои интенсивного типа Кихара.....	271
10.9 Новый среднеранний сорт сои Титан.....	274
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	277
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ.....	281
РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ПРАКТИКИ.....	282
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	283
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	326
Приложение А. Погодные условия в годы проведения исследований.....	327
Приложение Б. Показатели растений сои при различной густоте стояния растений.....	331
Приложение В. Характеристики линий, отобранных в селекционном питомнике по разному сочетанию массы семян и уборочному индексу.....	339
Приложение Е. Межделяночная конкуренция сортов сои в селекционных питомниках разного типа.....	343
Приложение Ж. Вклад краевых растений в показатели продуктивности....	352
Приложение 3. Копии патентов.....	370

ВВЕДЕНИЕ

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 [172; 196; 251].

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, условий размещения растений в ценозе, погодных факторов и других измеряемых и визуально оцениваемых признаков [77; 103; 140; 244]. 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 стабильностью продуктивности 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 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 [3; 12; 32; 45; 71; 78; 107; 110; 138; 184; 193; 219; 227; 329; 386]. 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 [217]. 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.

Важным направлением в изучении эффективности селекционного процесса стало применение ретроспективного анализа, позволяющего проследить селекционные сдвиги и изменения признаков, определяющих адаптивный потенциал и продуктивность сортов [167; 182; 295; 311; 327; 333; 352; 364; 365; 400]. 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 [161; 163; 289; 299; 338; 352; 358; 360; 386; 388; 391], 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 продукционного 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 хозяйственно 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 уже в поколении F_3 , при условии фенотипической выровненности, а отбор в поздних поколениях (F_6) не всегда приводит к более высоким результатам.

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, архитектура 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 физиолого-обоснованных 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 (S_i) 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 [54].

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 хозяйственно 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 продукционного 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 сое «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. Все теоретические и экспериментальные исследования, представленные в диссертационной работе, выполнены лично

автором. Автором определены тема, актуальность и научная проблематика исследования, сформулированы цель, задачи и научная гипотеза. Составлен план выполнения работы, разработаны методические подходы к реализации замысла и схема постановки полевых и лабораторных опытов. Эксперименты проводили на базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, весь комплекс работ по учету, измерению и оценке признаков осуществлялся непосредственно автором.

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.

1 ГЕНЕТИЧЕСКОЕ УЛУЧШЕНИЕ РАСТЕНИЙ И МЕТОДОВ ОТБОРА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Производство сои в Российской Федерации

Производство сои в Российской Федерации с 2000 к 2023 году выросло в 19,7 раза. Произошло это благодаря развитию животноводства и формированию экспортного потенциала культуры. Помимо традиционного Дальнего Востока, в 2000-е годы начинает формироваться второй мощный соевый регион в Центральной России. И уже в 2017 году Россия вошла в ТОП-10 мировых производителей сои. Рост сырьевой базы привел к росту переработки. В разных регионах стали строиться современные маслоэкстракционные заводы. В сезоне 2022/23 гг. Россия произвела 939,4 тыс. тонн соевого масла и 3,9 млн тонн шрота, а по итогам 2022 года вошла в ТОП-10 мировых экспортеров соевого шрота. В 2024 году было получено 6 826 тыс. тонн семян сои, а в 2024 г. – 7 040 тыс. тонн.

Практически в 10 раз выросла площадь под посевами сои в Центральном федеральном округе с 2011 по 2023 гг., который превзошел традиционный дальневосточный регион как по площади посева, так и по валовому сбору, превысив на 1 493 тыс. тонн. Таким образом, рассчитанный возможный прирост посевных площадей сои в ЦФО, исходя из оптимальных площадей размещения культуры [145] в 2015 году, уже достигнут. Максимум прогнозируемых площадей посева достигнут и в Дальневосточном ФО. В остальных федеральных округах остается резерв к росту площадей, причем самый большой в Южном и Приволжском федеральных округах. В том числе есть резерв в 140 тыс. га, исходя из научно обоснованного севооборота, роста площадей в Краснодарском крае.

В целом Краснодарский край по своему биоклиматическому потенциалу является перспективной зоной для возделывания сои. Высокоплодородные почвы, продолжительный период вегетации и обилие тепла позволяют выращивать разные по срокам созревания сорта и получать урожаи этой ценной высокобелковой культуры выше, чем в других зонах.

Однако ранее существовала другая точка зрения на вопрос о пригодности южно-европейского региона для возделывания сои, основанная на важном лимитирующем факторе – недостаточной влагообеспеченности растений в критические периоды их развития. Учитывая небольшую сумму осадков (250–280 мм) за период вегетации сои, В.М. Степанова в 70-е годы прошлого столетия сделала заключение о том, что увеличение посевов сои при существующих сортах в условиях Краснодарского края нецелесообразно [221]. На невысокую урожайность сои в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского и Ставропольского краев указывал В.Б. Енкен, считавший реально возможными урожаями 10–15 ц/га [70]. Примерно такого же уровня урожаи сои (12,2–13,7 ц/га) получали в 1957–1962 гг. в конкурсном сортоиспытании ВНИИМК и на государственных сортоучастках Северного Кавказа [92].

Анализ причин невысоких урожаев сои в те годы показал, что наряду с низким технологическим уровнем в производстве, сдерживающим фактором было отсутствие высокопродуктивных, хорошо адаптированных сортов. В 50–60 годы прошлого столетия на полях Краснодарского края выращивались только позднеспелые сорта сои двойного использования. Такие сорта характеризовались высокой урожайностью зеленой массы, но потенциал их зерновой продуктивности был средним. Реальный рост урожайности сои в производстве начался с созданием типично зерновых раннеспелых и среднеспелых сортов [115].

Селекция сортов сои для возделывания на Юге европейской части России Всероссийским НИИ масличных культур имени В.С. Пустовойта ведется с 1957 года. За весь период селекционной работы здесь создано более 50 сортов, различающихся по биологическим особенностям и направлениям использования. В результате многолетней работы по генетическому улучшению культуры достигнут селекционный прогресс, выразившийся в том, что за период с 1961 по 2005 гг. урожайность семян сортов возросла с 1,21 т/га до 2,31 т/га. Следовательно, ежегодный генетический прирост урожая составил 24,4 кг [239].

Во многом на недостаточно интенсивный рост площадей в этом регионе влияет изменение климата. В целом на юге европейской части страны основным

лимитирующим фактором при выращивании сои является недостаточная влагообеспеченность в летние месяцы, усугубляющаяся в последние годы глобальным изменением климата. В этом регионе условия водообеспеченности в период вегетации сои обычно складываются следующим образом: до наступления массового цветения растения развиваются, используя достаточные запасы осенне-зимне-весенней влаги, в дальнейшем же успешность прохождения процессов цветения, формирования бобов и налива семян зависят от количества выпавших осадков. Поскольку в отдельные годы во второй половине лета наблюдается острый дефицит осадков, сопровождающийся низкой относительной влажностью воздуха, это приводит к получению низкой урожайности. По этой причине имеют место большие колебания урожайности сои по годам [239].

При этом биологический потенциал урожайности семян современных сортов сои достигает 5,5 т/га, о чем свидетельствует реально полученная урожайность в условиях производства. Так, в 2008 году в АО «Анастасиевское» Славянского района Краснодарского края урожайность сорта сои Вилана на площади 30 гектаров составила 5,51 т/га. Такой уровень урожайности достигнут при выращивании сои в рисовых чеках, т.е. в условиях увлажнения, близких к оптимальным. Однако выращивание сои в полевых севооборотах в большинстве зон на юге европейской части России происходит при недостаточном количестве осадков и неравномерном их распределении в течение периода вегетации, что снижает урожайность до 1,0 т/га. В связи с этим главным направлением в селекционной работе с соей в этой зоне является создание стрессоустойчивых сортов, способных в максимальной степени осваивать ограниченные по влагообеспеченности ресурсы среды для формирования максимально возможных и стабильных по годам урожаев семян [239].

В Краснодарском крае выращивают сорта различных групп спелости: очень ранние (менее 1 % площадей), раннеспелые (около 38 %), среднеспелые (около 6 %) и наибольшую группу составляют среднеранние (55 %). Следовательно, основная селекционная работа для этого региона ведется по двум группам спелости: ранней и среднеранней.

1.2 Модель сорта как способ обеспечения генетического прогресса в селекции растений

Селекция сельскохозяйственных растений — одно из ключевых направлений обеспечения устойчивого прогресса в растениеводстве. С биологической точки зрения, она представляет собой управляемый человеком эволюционный процесс, направленный на генетическое приспособление культурных растений к почвенно-климатическим, биотическим и технологическим условиям окружающей среды. Экономическая эффективность селекционной деятельности выражается не только в создании сортов с повышенным урожаем при неизменных затратах, но и в темпах сортосмены, устойчивости новых форм и их адаптивности к различным агроэкологическим условиям.

Разработка модели сорта как системы целевых характеристик растения позволяет существенно повысить эффективность селекционного процесса. Как справедливо отмечают Ю.Б. Коновалов и соавт., «создавая сорт, необходимо представлять, какими характеристиками он должен обладать. Это и есть модель сорта, иначе говоря, его план» [107]. С.Н. Новоселов также подчеркивал значимость разработки научно обоснованных моделей, основанных на совокупности признаков, детерминирующих урожайность и хозяйственную ценность сортов, что обеспечивает системный подход в отборе [184]. Аналогичного мнения придерживаются селекционеры по гороху: «Параметры модели будущего сорта определяются селекционером исходя из конкретных условий» [78].

Одним из важнейших направлений при создании модели сорта является выделение признаков, непосредственно или опосредованно влияющих на урожайность. В случае разнонаправленности влияния признаков важно находить их оптимальное сочетание.

Так, при селекции сортов яровой пшеницы различных сроков созревания показано, что акценты в отборе должны быть разными: для среднеранних —

густота стояния, для среднеспелых – масса 1000 зерен, для позднеспелых – продуктивное кущение и уменьшение числа стерильных колосков. Высота растения была признана хорошим показателем засухоустойчивости, особенно в раннеспелых и среднеспелых группах [133].

На основании изучения морфофизиологических показателей потенциальной и реальной продуктивности при селекции озимой пшеницы и анализа коэффициентов корреляции В.С. Гирко и Н.А. Сабадин показали, что дальнейшее повышение продуктивности новых форм пшеницы может быть обеспечено за счет улучшения архитектуры колоса, синхронности развития побегов, колосков, цветков, зерен, увеличения многоцветковости, многозерности колоса, а также потенциальной и реальной продуктивности. Оценка селекционного материала по этим показателям должна осуществляться во всех звеньях селекционного процесса [42].

При этом Р.А. Цильке с соавторами утверждает, что у среднеспелых сортов пшеницы яровой в формировании урожайности в разной степени принимают участие все элементы ее структуры. Ведущими элементами структуры урожая являются число продуктивных стеблей и продуктивность колоса, при этом различия во влиянии элементов в зависимости от погодных условий были незначительными [261].

У тритикале основной вклад в урожай формируют число колосьев на единицу площади, затем — число зерен в колосе и масса 1000 зерен, урожай зерна зависит в основном от массы сухого вещества на 1 м² [368]. И.Д. Нейман предложил использовать количество колосков в колосе в качестве морфологического маркера продуктивности в полевых условиях [174].

Листовой аппарат также рассматривается как важный элемент модели: площадь двух верхних листьев пшеницы положительно коррелирует с продуктивностью главного колоса, особенно при дефиците влаги и минерального питания. Таким образом, увеличение продуктивности главного колоса будет более эффективным при сочетании позитивного отбора на его озерненность с отбором на

увеличение размера флагового листа [133]. У сорго при наливе метелки листья верхних ярусов важнее у раннеспелых генотипов, а нижних — у позднеспелых [97].

Следует учитывать и адаптивную направленность отбора: отбор на озерненность в засушливых условиях эффективнее, чем в благоприятных, где увеличению числа зерен сопутствует снижение массы 1000 зерен и выравнивание альтернативных групп по продуктивности главного колоса и растения. Более озерненные образцы демонстрируют повышенный уборочный индекс (+5 %) [134].

Таким образом, нет универсального признака, определяющего урожайность ценозов пшеницы и других злаковых культур, и его значимость варьирует в зависимости от года и условий выращивания.

Для других культур также разработаны подходы к построению моделей сортов. У гороха отбор у листочковых форм целесообразно вести по массе зерна с первого продуктивного узла, у усатых — по числу продуктивных узлов и бобов, а в благоприятные годы и по массе зерна с продуктивного узла [212]. В селекции пивоваренного ячменя эффективен отбор высокоозерненных форм благодаря выявленным аддитивно-доминантным эффектам генов [164].

Многочисленные исследования, посвященные изменчивости и наследуемости количественных признаков, проведены на африканском просе [275; 318], гречихе [252; 253; 265], сорго [286], тритикале [359], горохе [144; 187; 213; 260; 320; 372], пшенице [15; 108; 109; 127; 246; 266; 377; 379], фасоли [76], хлопчатнике [336] и других культурах [176; 380]. Однако отбор в больших расщепляющихся популяциях затруднен, особенно с учетом влияния таких факторов, как густота стояния растений и уровень агротехники [49; 277].

Для сои построение модели сорта также базируется на выделении наиболее значимых признаков урожайности. Так, В.В. Толоконников разработал модель сорта сои для условий орошения Нижнего Поволжья, учитывающую фотосинтетическую активность и элементы структуры урожая ранее районированных сортов сои [227]. А.В. Григорьева, опираясь на данные коллекционных образцов, предложила модель для условий неустойчивого увлажнения Ростовской области с включением биохимических признаков семян

[45]. Модель раннеспелого сорта, предложенная О.В. Ермолиной, кроме структурных компонентов, включает морфологические признаки: форма листа, окраска кожуры, тип опушения и др. [71].

Литературные источники подчеркивают: высокая урожайность семян сои может быть обеспечена разнообразными комбинациями признаков [3; 12; 32; 110; 138; 193; 269]. По мнению М.Н. Todeschini и соавт., стратегия селекции, ориентированная на увеличение соотношения между репродуктивным и вегетативным периодами, отбор по увеличению уборочного индекса, биомассы, числа бобов на растении, а также по физиологическим признакам (скорость фотосинтеза и транспирации, концентрация хлорофилла а и b), является перспективной [386]. Профессор Манджит С. Канг (Manjit S. Kang, USA) предлагал использовать количество бобов на репродуктивный узел как надежный косвенный критерий отбора [329].

Тем не менее, как показано в работах ряда авторов, несмотря на устойчивые корреляции между урожайностью и ее элементами, их использование в качестве селекционных критериев при построении модели сортов часто оказывается малоэффективным [217], что свидетельствует о необходимости системного подхода, включающего как морфофизиологические, так и биохимические, фенологические и экологические компоненты.

1.3 Ретроспективное изучение сортов сельскохозяйственных культур

Многие селекционеры считают, что изучение селекционного сдвига по урожайности и изменение основных признаков, отвечающих за прогресс в филогенезе, необходимо проводить с использованием ретроспективного анализа [182]. Лучший способ оценить генетический прогресс с течением времени – это оценить историю культуры в обычных условиях [295]. Для этой цели требуются следующие условия: (1) эксперименты должны проводиться в полевых условиях, (2) измерения должны проводиться на сопоставимых полевых участках, (3) сорта, выведенные в разное время, должны сравниваться одновременно и (4) сорта

данной группы спелости должна быть выращена в адаптированном для них регионе [327].

Ранее такие исследования проводились в США [311; 333; 364; 365], Китае [327; 400], Канаде [352] и других странах [292; 375]. Проще такой анализ проводить на сортах самоопылителей, так как более легко поддерживать генотипы в течение продолжительного времени.

Так, проведенный ретроспективный анализ на сортах пшеницы мягкой озимой краснодарской селекции показал, что урожайность создаваемых сортов увеличивалась последовательно по сортосменам с 37,8 до 82,7 ц с 1 га. Урожайность полукарликовых сортов восьмой сортосмены составила 218,8 % в отношении к первой [182]. За время селекции озимой мягкой пшеницы на юге Украины (с 1912 г.) произошло несколько этапов сортосмены, в результате чего урожайность пшеницы возросла примерно в 1,5 раза. В результате селекционной деятельности высота растений и продуктивная кустистость растений снизились, а число зерен с колоса и масса 1000 зерен возросли. В.В. Пыльневый и А.В. Нефедовым были даны следующие рекомендации: при селекции озимой пшеницы на юге Украины следует обращать внимание на увеличение числа зерен в колосе, массы 1000 зерен и продуктивной кустистости растений. При этом в первую очередь рекомендуется стремиться к увеличению числа зерен в колосе [197].

В ФРГ на основании 20-летних наблюдений за 600 сортами озимой пшеницы установлено, что урожай увеличивался на 1,3 % за счет массы колоса [392].

Проведенный ретроспективный анализ на сортах арахиса показал, что в процессе селекции растения стали более высокорослыми с уменьшенным числом междоузлий, уборочный индекс увеличился с 0,82 до 1,02 [282].

За 50-летний период селекции урожайность озимой ржи увеличилась на 62,1 %, а устойчивость к полеганию на 59,9–78,9 %, в зависимости от предшественника. Ретроспективный анализ сортов выявил, что данные показатели обусловлены укорочением на одну треть длины побега, увеличением массы зерна с колоса, количества зерен в колосе и массы 1000 зерен. Адаптивность новых

сортов озимой ржи, возделываемых в ЦЧР, значительно уступает адаптивности старых, но их потенциал вполне достаточен для получения относительно стабильных уровней урожайности [231]. Для увеличения потенциальной урожайности необходимо идти по пути увеличения коэффициент хозяйственной эффективности $K_{хоз}$ – доли массы хозяйственно полезного органа в надземной биомассе в фазе уборочной спелости. Увеличение количества продуктивных побегов на единице площади нецелесообразно [231].

Так, B.R. Buttery and R.L. Buzzell [289], используя сорта сои, отобранные и выведенные за 30-летний период, заключили, что отбор на урожайность и другие агрономические характеристики имел результат у растений с низкой площадью листа, но высокой эффективностью фотосинтеза. Е.М. Larson и др. оценивали отбор 7 сортов сои, представляющих 5 периодов, но не нашли особой взаимосвязи между интенсивностью фотосинтеза и урожайностью [338].

В США и Канаде селекционеры определили, что увеличили урожайность сои за счет значительного увеличения уборочного индекса, светопропускания полога и эффективности преобразования энергии [388]. В Китае урожайность сои увеличилась за счет массы 1000 семян и количества семян на растении [358], в Индии и Аргентине – за счет увеличения количества семян на единице площади при незначительно изменяющейся массе 1000 семян [299; 360].

Эти исследования свидетельствуют о региональных различиях в признаках, которые способствовали увеличению урожайности [388]. Генетический анализ прироста урожайности позволяет сравнивать результаты, полученные в различных условиях или с использованием различных стратегий селекции [382].

Увеличение урожайности 29-ти сортов сои, созданных в южной Бразилии с 1965 по 2011 год, произошло за счет повышения биологической урожайности, уборочного индекса, количества бобов на растении, уменьшения количества ветвей, высоты растений и полегания [386]. Авторы рассчитали прирост урожайности в 40,06 кг/га в год.

Другие исследователи, оценивая связь изучаемых признаков растений с годом создания сорта, выявили, что за 50 лет селекции в южной Бразилии

урожайность, масса 1000 семян, количество бобов и семян на единице площади, количество семян в бобе, надземная масса, уборочный индекс увеличивались. Также имелась тенденция к увеличению густоты стояния растений. Количество пустых бобов, гибель растений к уборке и полегаемость, напротив, уменьшались. Количество ветвей, высота растений, высота прикрепления нижнего боба и количество продуктивных узлов на единице площади практически не изменялись, при этом количество узлов на ветвях сократилось в результате селекции [388]. Renan Umburanas, с соавторами [388] много значения придают полегаемости растений. При высоте растений большинства сортов 100–120 см и густоте стояния растений 18–28 шт./м² к уборке гибель 5–30 % растений кажется очень большой.

Канадские ученые H.D. Voldeng и др. [391] оценивали 41 скороспелый сорт (0, 00 и 000 групп созревания), выведенные с 1934 по 1992 гг., и нашли, что прирост урожайности составил 0,5 % в год за период 1934–1975, а начиная с 1976 г. – 0,7 % в год. В Оттаве, Онтарио, при выращивании 14 сортов, представляющих семь десятилетий селекции, в течение четырех лет было обнаружено, что урожайность семян, уборочный индекс и скорость фотосинтеза увеличивались на 0,5 % в год, в то время как индекс площади листьев снижался на 0,4 % в год. Увеличение урожайности семян в зависимости от года создания сорта в значительной степени коррелировало с увеличением уборочного индекса, скорости фотосинтеза и проводимости устьиц, а также с уменьшением индекса площади листьев. Авторы определили, что современные сорта более эффективны в производстве и распределении углеродных ресурсов в семенах, чем их предшественники [351].

Jason L. De Bruin и др. пришли к выводу, что урожайность сои в Канаде увеличилась со скоростью от 25 до 30 кг/га в год частично благодаря улучшенному генетическому приросту и была дополнительно повышена за счет добавления устойчивости к соевой кистозной нематоды у новых сортов. Кроме того, урожайность была тесно связана с количеством полученных семян с растения, и этот компонент урожайности объяснял почти все различия в

урожайности между сортами. При этом уборочный индекс был одинаковым у всех сортов [298].

М. de Felipe с соавторами [299] при планировании эксперимента в Аргентине предполагали, что так как аргентинские сорта сои были выведены на основе коммерческих сортов США, генетическая база которых довольно узка, генетический прогресс в Аргентине будет медленнее, чем в США у сортов, созданных с 1980 по 2015 год. Сто восемьдесят один сорт, относящийся к группам зрелости III, IV и V, был оценен в трех средах в северных районах Аргентины. Генетический прирост урожайности составил 43 кг/га и не отличался у разных групп спелости. Относительный генетический прирост составил 1,1 % в годовом исчислении, аналогично отчетам из США или Бразилии. Содержание белка в семенах с годами снижалась. Результаты этого эксперимента показали, что селекционные программы в Аргентине смогли достичь генетического прироста, аналогичного американскому, даже несмотря на то, что исходными родителями были лишь несколько американских сортов, отобранных из и без того узкой генетической базы [299].

Северо-Восточный Китай является основным районом производства сои в Китае, где средняя урожайность сои с гектара в 1990-х годах увеличилась на 71,4 % по сравнению с 1950-ми годами, а ежегодный прирост урожайности составил в среднем 13,4 кг/га в год [401]. Авторы связывают этот рост с развитием научных исследований, улучшением агротехнических приемов, внедрением новых сортов и повышенным спросом со стороны перерабатывающей промышленности

J. Jin с коллегами изучали 45 сортов (групп спелости 00 и 0), которые были выведены за последние 56 лет на северо-востоке Китая. В результате исследований было установлено, что генетический прирост урожайности составлял в среднем 0,58 % в год [327], что аналогично сообщениям о ежегодном его увеличении на 0,5 % в Канаде [391] и на 0,5–1,0 % в США [285; 344; 398]. Это указывает на то, что селекция внесла почти равный вклад в повышение урожайности в регионах производства сои [327].

Сравнивая 21 сорт за более чем 50-летнюю селекцию, V.D. Luedders частично объяснял увеличение урожайности повышенной устойчивостью к полеганию [344]. Исследуя 10 сортов, выведенных с 1920 по 1974 год, J.R. Wilcox и др. [398] обнаружили повышение урожайности без ожидаемого изменения фенотипической стабильности или устойчивости к полеганию, но с линейным снижением содержания белка с годом выпуска сорта, сопровождающимся увеличением содержания масла. Изучая 28 сортов VI, VII и VIII групп спелости, H.R. Voerma [285] сообщил о ежегодном приросте урожайности на 0,7 % для сортов, выведенных с 1942 по 1973 год. Увеличение урожайности коррелировало с увеличением количества бобов, в то время как размер семян и количество семян в бобе со временем существенно не менялись. Высота растений уменьшилась в VIII группе спелости, но не изменилась в VI и VII группах.

Во многих исследованиях, посвященных ретроспективному анализу сортов сои, было установлено, что в результате селекции уменьшалось содержание белка в семенах и закономерно увеличивалось содержание масла [365]. Renan Umburanas, с соавторами посчитали, что снижение содержания белка произошло с 43 до 35 мг/г при закономерном увеличении масличности с 150 до 225 мг/г [388]. В Северо-Восточном Китае с годами не наблюдалось увеличения содержания масла в семенах, так как сорта, использовавшиеся ранее, уже имели высокую масличность – около 200–220 мг/г [401].

Сравнительное изучение среднераннеспелых сортов сои, проведенное в Краснодарском крае на сортах, созданных с 1927 по 2000 гг., показало, что повышение биологического потенциала продуктивности новых сортов связано с более эффективным, с хозяйственной точки зрения, перераспределением пластических веществ между вегетативными и генеративными органами. Также в процессе селекции уменьшилось число ветвей на растении, продуктивных узлов и бобов, при одновременном увеличении количества бобов в одном узле и числа семян в бобе. Содержание белка и масла не изменилось [161].

1.4 Лимитирующие факторы при выращивании сои в регионах соесояния

Урожайность любой сельскохозяйственной культуры – интегральный показатель, зависящий от множества признаков и свойств растений. В южно-европейском регионе, характеризующимся дефицитом и неравномерностью выпадения осадков в летние месяцы, высокую и стабильную урожайность семян способны давать только те сорта, которые максимально приспособлены к контрастным условиям внешней среды, а также отличающиеся незначительным снижением урожайности в засушливые годы, то есть характеризующиеся высокой адаптивной реакцией на стрессовые факторы.

Повышение адаптивности создаваемых сортов к конкретным условиям выращивания, обеспечивающей максимальное использование имеющихся ресурсов среды для формирования хозяйственно полезной продукции, является важнейшей задачей селекции. Селекция на адаптивность предполагает выявление главных лимитирующих факторов среды, регулярно проявляющихся в той или иной зоне выращивания и в наибольшей степени детерминирующих продукционный процесс, а также поиск морфофизиологических признаков растений, нивелирующих негативное действие этих факторов. С учетом этого селекционные программы по одной и той же культуре в зависимости от лимитов среды должны быть разными [116; 306].

Зачастую в определенном ареале лимитирующим является один единственный фактор, от которого вообще зависит успешность и перспективы выращивания той или иной культуры. Так, например, решающим фактором соесояния в Амурской области на протяжении многих лет был дефицит тепла вследствие короткого безморозного периода. По сообщению Т.П. Рязанцевой [208], проблема гарантированного выращивания сои здесь была решена путем создания холодоустойчивых сортов с коротким вегетационным периодом. Поворотным моментом стало выведение скороспелых и среднеспелых высокопродуктивных сортов Рекорд Северный, Заря, Салют 216 и Урожайная, с

внедрением которых появилась возможность соесения не только в южных, но и центральных районах Амурской области, при этом посевы сои увеличились со 100 до 600 тыс. га. Позже в этой зоне были районированы скороспелые сорта Юбилейная, Амурская 310, Смена, Янтарная, ВНИИС-1 и ВНИИС-2, позволившие продвинуть возделывание сои к границам вечной мерзлоты [207; 209]. Короткий вегетационный период и ограниченные ресурсы тепла также выдвигают на первый план при селекции сои проблему скороспелости и холодоустойчивости в Центральном Черноземье [268], Нечерноземной зоне [48] и Сибири [31]. При возделывании сои на неорошаемых землях в Нижне-Волжском регионе, по данным В.В. Толоконникова [228], уровень урожайности сои ограничивается недостатком влаги в период вегетации, в связи с чем особенно актуальна задача создания засухоустойчивых сортов этой культуры [116].

Основным лимитирующим фактором при выращивании сои в Северо-Кавказском регионе является недостаточная влагообеспеченность растений в критические периоды их развития (цветения, формирования и налива семян). Несмотря на то, что соя довольно засухоустойчивая культура, ее урожайность в значительной степени определяется количеством осадков, выпавших в период вегетации. Так, если в оптимальных условиях увлажнения в Краснодарском крае урожайность семян сои может достигать 4,6 т/га, то, напротив, в годы, характеризующиеся острым дефицитом осадков и низкой относительной влажностью воздуха, продуктивность растений сои резко снижается и урожайность семян составляет всего 1,2–1,4 т/га [116].

1.5 Длительность вегетационного и межфазных периодов сои и их значение в селекционном процессе

Продолжительность вегетационного периода сои является важным селекционным и агрономическим показателем, определяющим адаптацию сорта к конкретным условиям выращивания, стабильность урожайности и пригодность к механизированной уборке. По данным В.И. Бондаренко и А.А. Матушкина [21],

длина вегетационного периода варьирует от года к году в зависимости от генетических особенностей сорта (на 70–80 %) и агроэкологических условий (на 20–30 %).

Некоторые исследователи придают большое значение анализу длительности отдельных этапов онтогенеза как индикатора скороспелости и продуктивности. Так, Э.Ф. Лопаткина определила рациональные сочетания продолжительности этапов онтогенеза, способствующих скороспелости. Особый интерес, по ее данным, представляют сорта Заря и Гуньчжулинская, у которых оптимально сбалансированы фазы роста и развития [143].

Французские селекционеры также изучали связи между длительностью фаз развития и урожайностью у разных сортов сои с целью подбора материала для повышения продуктивности [305]. В США было установлено, что существует положительная корреляция между продолжительностью репродуктивного периода и эффективностью налива семян, что указывает на значимость фаз R5–R7 для формирования урожая [370].

В исследованиях, проведенных на юге Бразилии, продолжительность вегетационного периода у сортов сои варьировала от 119 до 150 суток, период от всходов до начала цветения составлял от 48 до 91 суток в зависимости от скороспелости генотипов, а от цветения до физиологической спелости — от 57 до 76 суток [388]. Это свидетельствует о широкой генетической изменчивости по длительности этапов онтогенеза. При этом при сравнении 29 сортов, выведенных за 46 лет, было установлено устойчивое сокращение вегетативного периода и увеличение соотношения репродуктивной фазы к вегетативной, что соответствует селекционной стратегии повышения урожайности [386].

Интересные результаты были получены Р.Л. Нельсоном при анализе F₂-популяций с контрастными сроками цветения. Он показал, что в целом длина репродуктивного периода (R1–R8) оставалась стабильной по годам, однако в засушливых условиях происходило значительное сокращение фаз R5–R7, в то время как R1–R5 оставались неизменными [355].

Тесная корреляция между продолжительностью фазы «всходы–цветение», всего вегетационного периода, а также высотой главного стебля в фазах цветения и созревания, выявленная в ряде исследований [404], свидетельствует о генетических и морфофизиологических ограничениях при выведении высокорослых, раннеспелых, детерминантных форм. Кроме того, американские исследователи выдвинули гипотезу, что поздноцветущие линии сои на коротком дне благодаря интенсивному росту могут быть перспективны для механизированной уборки [319].

В условиях юга европейской части России, характеризующихся длительным безморозным периодом и высокой суммой эффективных температур, наряду со среднеспелыми сортами успешно возделываются и раннеспелые формы. В годы с равномерным распределением осадков по фазам вегетации среднеспелые сорта обычно превосходят раннеспелые по урожайности. Однако в засушливые годы преимущество получают именно раннеспелые сорта, которые формируют урожай до наступления критического дефицита влаги во второй половине лета. При этом наблюдается нестабильная зависимость между длиной вегетационного периода и урожайностью: в одни годы она положительная, в другие — отрицательная, что указывает на сильную зависимость этого показателя от погодных условий конкретного года [238].

Таким образом, в селекции сои важно учитывать не только общую продолжительность вегетационного периода, но и структуру онтогенеза, особенно соотношение между вегетативной и репродуктивной фазами. Включение фенологических характеристик в модель сорта позволяет более точно адаптировать генотип к конкретным условиям среды, повышая стабильность и потенциал урожайности.

1.6 Физиолого-морфологические аспекты продуктивности:

фотосинтез, листовая поверхность и адаптация к водному стрессу

Продолжение селекционной работы по созданию высокоурожайных сортов стимулировало интерес к физиологическим факторам, влияющим на

формирование урожая, и к возможностям их использования в селекции. Особое внимание уделяется изучению фотосинтетической продуктивности, площади листовой поверхности и связанной с ней удельной поверхностной плотности листа. Существуют различные методы определения площади листьев, включая планиметрирование, метод высечек и расчет по линейным размерам [141].

Ранние исследования по выявлению различий между видами по средней чистой скорости ассимиляции (ЧСА) оказались малорезультативными [322]. Однако уже D.J. Watson показал, что, несмотря на наличие внутривидовых и межвидовых различий по ЧСА, продуктивность растений значительно теснее связана с листовой поверхностью, как основным компонентом темпов роста [395]. Более поздние исследования, проведенные D.J. Watson и K.J. Witts на свекле [394], Н. Muramoto и соавторами на хлопке [353], V. Stoy на пшенице [383], а также R.Q. Cannell на зерновых [291], подтвердили, что различия между сортами по ЧСА и чистой фотосинтетической активности (ЧФА) были слабо выраженными. Более того, L.T. Evans установил, что современные сорта пшеницы имеют более низкую фотосинтетическую активность на единицу площади листа по сравнению с их дикими предками [307; 308].

Тем не менее, открытие сортов с высокой чистой скоростью фотосинтеза при интенсивном освещении [323] возродило интерес к этому показателю как селекционному признаку. Например, в ходе изучения эволюции культурного гороха от примитивных форм к современным сортам было показано снижение площади листьев и хлорофильного потенциала растений, компенсированное увеличением удельной массы листа, толщины губчатой паренхимы и фотовосстановительной активности хлоропластов [6]. Однако другие исследования по гороху показали, что большая листовая поверхность не всегда связана с более высокой урожайностью [52].

У гречихи, несмотря на сравнимую с другими культурами продуктивность фотосинтеза, отмечают тонкую листовую пластинку и слабое развитие губчатой паренхимы — основного депонирующего органа, что в совокупности с

ограниченным аттрагирующим потенциалом семян обуславливает нестабильную урожайность [128; 130].

По сое также получены данные о сортовых различиях в чистой фотосинтетической активности листьев [229; 296; 301; 312; 314]. Эти выводы подтверждаются японскими исследователями М. Ojima и R. Kawashima которые показали, что отбор на урожайность и агрономические показатели сопровождался ростом чистой скорости ассимиляции и удельной массы листьев. При этом наблюдалось снижение площади листьев и сухой массы растения, а также отношения побегов и корней, без выраженного влияния на относительную скорость роста и прирост листьев [356].

М. Ojima, R. Kawashima [356] также установили, что гибридные сорта сои зачастую обладают более высокой чистой скоростью фотосинтеза, чем их родительские формы. Хотя чистая скорость фотосинтеза является приближенным показателем чистого фотосинтеза (включающим прирост биомассы за счет минерального питания и других факторов), его важным преимуществом является возможность оценки на растениях в полевых условиях. Это дает интегральную характеристику за определенный период времени, в отличие от большинства методов, в которых лист изолируют (например, помещают в камеру), тем самым искажая окружающую среду и затрудняя интерпретацию данных в контексте урожайности.

Устойчивость растений к засухе – весьма сложный признак, но одна из его важных составляющих – транспирация. С увеличением площади листьев (до полного перехвата света агроценозом) повышается продукция фотосинтеза, но повышается и транспирация. Это приемлемо в условиях недефицитной влагообеспеченности, но на фоне засухи может привести к нарушению водного обмена и к критическому снижению адаптивности и урожайности. В свою очередь, транспирация зависит от ряда параметров: работы устьичного аппарата, свойств эпидермиса, площади листовой поверхности и др. [202].

Индекс площади листьев (далее – ИПЛ) является одним из ключевых параметров, определяющих как фотосинтетическую продуктивность, так и

транспирацию посевов сои. Оптимальное значение ИПЛ зависит от водного режима в месте выращивания [181; 302]. При достаточном увлажнении увеличение площади листьев способствует интенсивному росту, но одновременно и ускоренному расходованию влаги, что особенно критично в засушливых условиях. Поэтому важно, чтобы ИПЛ соответствовал влагообеспеченности среды, служа показателем адаптивного потенциала агроценозов [29; 247].

Давно установлено, что способность ограничивать развитие листовой поверхности при водном дефиците является важной чертой засухоустойчивости генотипов сои [9; 177; 363]. Кроме уменьшения площади листьев, при засухе снижается и их отношение к массе корней [326]. В.В. Еввис и Н.М. Taylor экспериментально показали, что чрезмерное наращивание листовой массы в первой половине вегетации ускоряет исчерпание запасов влаги при последующем дефиците [302], что обуславливает преимущество умеренного водоснабжения на вегетативной стадии как условия адаптации к засухе [283; 324]. Избыточная влажность в ранние фазы развития может снижать устойчивость к засухе и даже негативно влиять на урожайность [35; 99]. В связи с этим некоторые исследователи приходят к выводу, что орошение сои до фазы цветения нецелесообразно [257; 276].

Происходя из региона с муссонным климатом и достаточной влагообеспеченностью во второй половине вегетации, соя не обладает эффективными механизмами для ограничения прироста листовой поверхности, особенно в случаях обильного увлажнения в вегетативной фазе, которое сменяется дефицитом влаги в генеративной. В исследованиях ВНИИМК урожайность сои положительно коррелировала с индексом площади листьев в диапазоне 2–4 м² листьев/м² почвы. Если же в благоприятных для вегетативного роста условиях соя формировала ИПЛ 5–7 м²/м², то это, как правило, было связано со снижением урожайности в годы с засухой в генеративной фазе [59]. Слабоадаптивные сорта формировали избыточную площадь листьев – около 5 м²/м² к концу цветения, тогда как новые засухоустойчивые – около 3,5 м²/м² [116].

В.Е. Розенцвейгом с соавторами [202] был сделан вывод об оптимальной площади листьев – $6,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ для условий Курской области. ИПЛ более $7,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ избыточен и снижает урожайность на 20 % ($P < 0,05$), что, вероятно, обусловлено излишней транспирацией. Чрезмерная площадь листьев не повышает продуктивность фотосинтеза с единицы площади агроценоза, поскольку полный перехват света достигается раньше и листья в нижних ярусах затенены. С другой стороны, ИПЛ менее $5,0 \text{ м}^2/\text{м}^2$ недостаточен и связан со снижением урожайности на 10 % ($P = 0,06$). Сорта с ИПЛ $4,1\text{--}4,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ не обеспечивали полного проективного покрытия почвы при визуальном наблюдении. Меньшая величина оптимума ИПЛ, установленная для юга России в $2\text{--}4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ [59; 116], объясняется, вероятно, более жесткими засухами на юге [202].

Вся площадь может быть реализована как 10 листьями по 150 см^2 , так и 19 листьями по 80 см^2 . Примерами служат сорта, совмещающие высокую облиственность (иначе говоря, большое общее число узлов) с мелкой листовой пластинкой при оптимальном ИПЛ [202]. Эти сорта, достаточно ветвистые даже в плотном стеблестое, имели бы избыточный ИПЛ, если бы формирование транспирационной поверхности у них не было ограничено за счет мелких листовых пластинок. В то же время имеются сорта с некомпенсированными компонентами ИПЛ, формирующие избыточную листовую поверхность либо за счет высоких ветвления и облиственности, либо за счет крупных листовых пластинок [202].

В среднем каждая дополнительная ветвь увеличивала ИПЛ на $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ [202]. Это подтверждает целесообразность селекционного направления, ориентированного на уменьшение размеров листовой пластинки как способа разрешения конфликта между ветвлением и засухоустойчивостью. Закономерным выводом, сделанным авторами, стало то, что отбор на мелколистность может стать эффективным подходом к созданию ветвистых, но засухоустойчивых сортов.

В подтверждение важности морфофизиологических показателей листьев служат данные полевого эксперимента с участием 17 сортов и линий сои,

различающихся по срокам созревания и урожайности. В исследовании М. Kokubun с соавторами была изучена связь между интенсивностью фотосинтеза и урожайностью семян [335]. Площадь листьев измерялась на трех стадиях: вегетативной (VT), бобообразования (PF) и развития семян (SD). Существенные сортовые различия по площади листьев выявлены на стадии VT и PF у раннеспелых сортов, на всех стадиях у среднеспелых, и на стадии SD у позднеспелых. Сортовые рейтинги изменялись по мере роста площади листьев в ходе вегетации.

Анализ показал, что на ранних стадиях площадь листьев отрицательно коррелировала с площадью отдельного листа, но положительно — с удельной массой листа (SLW) и содержанием хлорофилла. Однако на более поздних стадиях эта корреляция становилась менее выраженной. При этом площадь листьев, измеренная на ранних фазах роста, не коррелировала с чистой скоростью ассимиляции (NAR) или скоростью роста (CGR). Зато в группе позднего срока созревания урожайность семян положительно коррелировала с площадью листьев на стадии SD [335].

Исходя из этих данных авторы предположили, что не площадь листьев способствует повышению урожайности, а, напротив, более высокая потребность в ассимилятах у высокоурожайных сортов стимулирует развитие листового аппарата. Таким образом, ключевыми факторами повышения урожая являются не столько интенсивность фотосинтеза с единицы площади, сколько длительность периода формирования семян и эффективность улавливания света [334; 335].

Удельная площадь листа (далее – УПЛ) представляет собой отношение площади одной стороны листа к его сухой массе и широко используется для расчета скорости изменения площади листа на основе динамики накопления сухого вещества. Показатель УПЛ варьирует в зависимости от экологических условий, этапов онтогенеза, ярусности листьев в пологе [278; 316; 341; 345], а также обеспеченности растений макроэлементами [361]. Несмотря на широкое применение, механизм вариабельности УПЛ до сих пор недостаточно изучен, в

связи с чем данный показатель остается источником неопределенности при использовании в моделях, рассчитывающих индекс листовой поверхности [385].

T.R. Sinclair [378] предлагал использовать УПЛ в моделях только на этапе суммарного старения, так как это опосредованно отражает перераспределение ассимилятов в стебеле. F. Tardieu и др. [385] также подчеркивали, что накопление углерода не является непосредственным драйвером расширения листьев, следовательно, УПЛ следует рассматривать не как параметр модели, а скорее как результат.

В отечественных исследованиях УПЛ как морфофизиологический показатель применяется ограниченно. Так, О.И. Босиева с соавт. [24] исследовали УПЛ флагового, второго и третьего листа у различных сортов пшеницы. Было показано, что увеличение УПЛ сопровождалось повышением массы зерна с колоса и изменением содержания белка, что может быть обусловлено перераспределением ассимилятов от вегетативных органов к генеративным. Также отмечено, что УПЛ возрастает с увеличением ярусности листьев, что, вероятно, отражает более высокую массу флаг-листа по сравнению с другими листьями.

Помимо морфологических особенностей, удельная масса листа демонстрирует чувствительность к обеспеченности элементами питания. Так, у рапса при дефиците серы УПЛ увеличивалась с менее чем 30 г/м² до более 40 г/м² в течение 20 дней [361]. Однако при изучении связи между УПЛ и фотосинтетической активностью на листьях сахарной свеклы не выявлено прямой зависимости, что указывает на сложный характер регуляции данного признака [278].

G.M. Dornhoff и R.M. Shibles [301] выявили сортовые различия как в чистом фотосинтезе, так и в плотности листьев. Значения чистой скорости фотосинтеза и удельного веса листьев, рассчитанные в среднем на растение, показали высокую корреляцию с их значениями чистого фотосинтеза и плотности листьев, измеренными на отдельных листьях, для 12 сортов кукурузы, участвовавших в

обоих исследованиях ($r = 0,83$ и $0,78$), что подтверждает репрезентативность этих подходов.

Селекция сои, направленная на продуктивность, косвенно способствовала отбору трансгрессивных форм с более высокой чистой скоростью фотосинтеза и удельным весом листа, но с пониженной площадью листьев. Это подчеркивает необходимость изучения генетической корреляции между урожайностью и параметрами роста. Хотя высокая фотосинтетическая активность желательна, прямых доказательств ее связи с урожайностью немного. Предполагается, что растения с низкой площадью листьев обладают большим «приемником» для ассимилятов, что может способствовать более эффективному фотосинтезу.

Также сообщалось, что чистый фотосинтез увеличивается на стадии налива семян, вероятно, из-за усиленного отвода продуктов фотосинтеза в репродуктивные органы [301]. Более высокий удельный вес листа, в свою очередь, может быть связан с увеличением отношения площади поверхности клеток к их объему, снижая сопротивление мезофилла к диффузии CO_2 .

Низкий уровень площади листьев у сортов может быть частично объяснен снижением площади листьев, но, вероятно, вовлечены и другие механизмы. В частности, снижение площади листьев связано со снижением их массы. Более низкое отношение стебель/корень может свидетельствовать о развитии более разветвленной и эффективной корневой системы.

B.R. Buttery и R.L. Buzzell [289] в серии экспериментов показали, что скорость ассимиляции положительно коррелирует с удельной массой листа и обратно – с его площадью, что делает УПЛ перспективным признаком для косвенного отбора на урожайность. Эти выводы подтверждаются ретроспективным анализом канадских сортов, где селекция на урожайность сопровождалась увеличением сухой массы и темпов ее накопления [298]. По мнению авторов, дальнейшее повышение продуктивности будет связано с улучшением фотосинтетического аппарата, прежде всего за счет увеличения площади листьев.

В целом селекция сои на урожайность способствовала формированию сортов с меньшей вегетативной массой, но более высокой фотосинтетической и корневой эффективностью. На стадии генеративного развития это обеспечивает высокое отношение массы бобов к надземной биомассе и, соответственно, урожай. Показатели роста, такие как чистая скорость фотосинтеза и удельная масса листа, могут служить полезными критериями отбора. Удельная масса листа, в частности, является перспективным индикатором в селекционной практике благодаря высокой наследуемости, легкости измерения и тесной связи с физиологическими механизмами продуктивности [289; 346; 376; 389; 396].

Таким образом, физиолого-морфологические характеристики, включая продуктивность фотосинтеза, площадь и удельную массу листьев, а также динамику индекса листовой поверхности, играют ключевую роль в формировании урожайности и адаптации сельскохозяйственных культур к условиям водного дефицита. Несмотря на то, что различия между сортами по чистой скорости фотосинтеза нередко оказываются незначительными, именно архитектура листового аппарата, его адаптивная динамика и эффективность использования водных ресурсов определяют агрономическую ценность генотипов. Эти признаки могут служить надежными индикаторами при селекционном отборе на продуктивность и устойчивость к абиотическим стрессам, особенно в условиях изменяющегося климата. Следовательно, интеграция физиологических показателей в селекционные программы представляет собой перспективное направление повышения засухоустойчивости и урожайности зернобобовых и других культур.

1.7 Скорость роста, сухая масса и перераспределение ассимилятов как факторы продуктивности растений

Многие исследователи рассматривали сухую массу растений как важный признак для отбора в селекции на урожайность. Так, В.А. Кумаков с соавторами предложили метод ранжирования сортов яровой пшеницы в полевых условиях по

потенциальной продуктивности. Оценка основывалась на измерении сухой массы колосьев в фазу цветения или окончания роста соломины, а также на степени реализации потенциальных возможностей колоса в засушливые годы, что позволило учесть адаптацию сортов к неблагоприятным условиям [126].

Вегетационные опыты на арахисе показали, что в фазу активного вегетативного роста и формирования плодов содержание углеводов (включая крахмал, фруктозу и глюкозу) снижается. Однако на стадии роста и созревания плодов их содержание стабильно высоко, что указывает на наличие резервных пулов углеводов, не полностью используемых при формировании семян [397]. Это подчеркивает важность эффективного перераспределения ассимилятов из вегетативных органов в генеративные. Аналогичные исследования были проведены и на других культурах, таких как хлопчатник [349], озимая мягкая и твердая пшеница [234; 273], где подтверждена возможность повышения урожайности за счет улучшенного перераспределения сухого вещества.

Реакция растений на условия произрастания во многом выражается через темпы роста, которые варьируют в зависимости от этапа онтогенеза. Интенсивность роста на отдельных этапах может служить индикатором продуктивности и использоваться для ранжирования генотипов по потенциальной урожайности [17; 280]. Генотипические различия в темпах роста растений имеют физиологическую основу [274].

Ретроспективный анализ, проведенный на многих сельскохозяйственных культурах, показал, что скорость роста до фазы цветения, как правило, не увеличивалась. Однако для риса выявлена иная картина – сниженный начальный рост компенсируется формированием большей массы урожая после цветения. Подобная тенденция обнаружена и у подсолнечника [343].

При селекции яровой пшеницы на адаптивность и засухоустойчивость установлено, что важными признаками являются быстрое нарастание листовой поверхности, ее длительное функционирование, развитие активной зародышевой корневой системы и быстрорастущих вторичных корней в благоприятных условиях [262]. Несмотря на годовые колебания биомассы растений, ее снижение

до фазы цветения в засушливые годы оказывается примерно одинаковым у сортов разных групп спелости [69].

Однако существует определенная противоречивость взглядов на роль скорости роста. Одни авторы полагают, что медленный набор вегетативной массы предотвращает избыточное образование вегетативных органов и может быть полезен для формирования генеративной части [162]. Другие, напротив, утверждают, что более высокая скорость роста и больший индекс листовой поверхности обеспечивают большую биомассу и, соответственно, более высокий урожай семян [362]. Например, сорта яровой пшеницы степного экотипа характеризуются низкой скоростью роста колоса, что, тем не менее, позволяет им более эффективно реализовывать потенциал продуктивности [123].

Что касается сои, в литературе также указывается на связь между скоростью роста и урожайностью семян [334]. Однако специфика онтогенеза у сои затрудняет точное разграничение этапов. Даже у детерминантных сортов продолжение прироста вегетативной массы после начала цветения приводит к конкуренции между растущими органами за ассимилянты [30].

По мнению В.Е. Розенцвейга, в условиях достаточного количества осадков более предпочтительными являются детерминантные сорта сои. Такие растения не склонны к полеганию, быстрее проходят цветение и отличаются высокой продуктивностью. Однако в засушливых районах этот тип роста может быть менее адаптирован, поскольку чрезмерное накопление вегетативной массы снижает устойчивость к водному стрессу и может негативно сказаться на урожайности [306].

Изучение скорости роста, накопления и перераспределения сухого вещества показывает, что эти показатели оказывают значительное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур. Для селекции на устойчивость к абиотическим стрессам и повышение урожайности необходимо учитывать, как физиологические особенности роста в различные фазы, так и взаимодействие между вегетативным и генеративным развитием. Особую сложность представляет культура сои, у которой продолжение вегетативного роста во время цветения

требует тщательного подхода к выбору типа роста в зависимости от условий возделывания.

Таким образом, скорость роста и характер распределения сухого вещества между органами растений являются ключевыми факторами, определяющими продуктивность сельскохозяйственных культур. Эффективное накопление и перераспределение ассимилятов, особенно в стрессовых условиях, напрямую влияет на реализацию потенциала урожайности. Генотипические различия в темпах роста, типе онтогенеза и адаптивных реакциях свидетельствуют о значимости этих признаков для селекционного отбора. В частности, для таких культур, как соя, выбор между детерминантным и индетерминантным типом роста должен учитывать специфику условий выращивания, поскольку от этого зависит баланс между вегетативным и генеративным развитием. Включение параметров темпа роста, биомассы и ее перераспределения в селекционные программы может существенно повысить эффективность отбора на урожайность и адаптивность.

1.8 Уборочный индекс как интегральный показатель продуктивности и объект селекции

Уборочный индекс (УИ, $K_{хоз}$) является ключевым показателем продуктивности растений, отражающим долю зерна или другой хозяйственно ценной продукции в общей надземной биомассе растения. Как элемент триады структуры урожая, он наиболее тесно взаимосвязан с урожайностью зерна [182], и в то же время служит интегральной характеристикой, объединяющей параметры фотосинтетической активности, коэффициента использования ассимилятов, водопотребления, экологической устойчивости и доли экономически полезной продукции в общей массе растений [73].

В условиях нормального хода морфогенеза формируется сбалансированная система «донор-акцептор», обеспечивающая потребности репродуктивных органов при фотосинтетической активности, не превышающей потенциальные

возможности листового аппарата. Это создает физиологические предпосылки для формирования сортов с оптимальным сочетанием морфофизиологических признаков продуктивности [73].

Изучая физиологические процессы формирования урожая зерна ячменя, В.Д. Мединец установил, что наивысший урожай возможен тогда, когда интенсивное накопление вегетативной массы сопровождается полным использованием ассимилятов на образование зерна [159]. Эта идея перекликается с современными подходами к оценке продуктивности растений через уборочный индекс (УИ, $K_{хоз}$), отражающий долю зерна в общей надземной биомассе.

В течение онтогенеза происходит смена аттрагирующей активности органов растения, отражающая реализацию морфогенетической программы. У однолетних злаков главным аттрагирующим органом на репродуктивной стадии становится колос, в который направляются как ассимиляты, синтезированные в ходе текущего фотосинтеза в листьях, так и ранее депонированные вегетативные резервы, преимущественно в стеблях [223], либо других акцепторных органах [274].

Эффективность использования ресурсов растением определяется его идеотипом, обеспечивающим минимальные затраты на производство единицы сухого вещества. В частности, у злаков каждый грамм сухой массы должен сопровождаться таким количеством соцветий, которое гарантирует, что колос будет способен аккумулировать продукты фотосинтеза, как с собственной зеленой поверхности, так и из других частей растения. Это особенно важно в условиях высокой плотности посевов, когда возрастает конкуренция за свет, воду и питательные вещества [300].

Аналогичные принципы были выявлены и при изучении механизмов формирования урожая у различных культур. Так, у дикорастущих видов гречихи формирование и налив плодов происходит преимущественно за счет текущего фотосинтеза и поступления элементов из почвы. В то же время у культурных форм наблюдается активное повторное использование ассимилятов, ранее накопленных в вегетативных органах, особенно в листьях [129]. В результате

изменяется структура распределения сухой массы: доля главного стебля увеличивается с 18 до 27 %, уменьшается доля ветвей с 35 до 10 %, листьев – с 20 до 15 %, корней – с 15 до 8 %, а доля плодов возрастает с 12 до 40 % [129]. Это иллюстрирует важность не только накопления, но и перераспределения сухого вещества как адаптивного механизма в процессе формирования урожая.

Много работ посвящено изучению механизмов накопления ассимилятов и перераспределения их из отдельных частей растений в генеративные органы: на пшенице и тритикале [20; 293], ячмене [101], рудбекии двуцветной и перилле красной [160], картофеле [22], голосеменных культурах [36], арахисе [348], картофеле и томатах [205], винограде [263], сосне [98], хлопчатнике [272], сахарной свекле [218], льне-долгунце [10; 152], сое [13; 373]. При этом это, как правило, трудоемкие опыты, не позволяющие массово оценивать генотипы. Учитывая, что результатом «идеального» накопления сухого вещества в вегетативных органах, эффективности фотосинтеза, своевременному включению донорно-акцепторных связей и усиленному оттоку пластических веществ в аттрагирующий орган является урожайность, тесно коррелирующая с уборочным индексом, в селекционной практике проще использовать этот показатель.

Генотипическая корреляция $K_{\text{хоз}}$ с высотой растений носит выраженный отрицательный характер ($r_g = -0,94$), что открывает возможность направленной селекции на короткостебельные, высокопродуктивные формы. В то же время исследования на озимой ржи показали, что в ряде гибридных комбинаций отсутствует связь между высотой и урожайностью, что позволяет осуществлять независимую селекцию по этим признакам [174].

В своих исследованиях А.В. Новиков провел анализ корреляционных связей, который показал высокую генотипическую зависимость между уборочным индексом и урожайностью ($r_g = 0,94$) у пшеницы мягкой озимой, что подтверждает возможность эффективного отбора по этому признаку. В то же время экологическая корреляция ($r_e = 0,24$) оказалась слабой и статистически недостоверной, указывая на низкую чувствительность $K_{\text{хоз}}$ к колебаниям условий внешней среды. Это делает его надежным селекционным критерием для оценки

генотипов. Аналогичная зависимость была выявлена между $K_{\text{хоз}}$ ценоза и его емкостью ($r_g = 0,88$; $r_e = 0,23$) [182], что подтверждает целесообразность использования уборочного индекса как фона при отборе высокоурожайных форм.

Однако, как показали исследования С.Б. Лепехова [134], $K_{\text{хоз}}$ в значительной степени зависит от случайных факторов: вклад в общую дисперсию составляет 37 %. Существенную долю вариации обеспечивает год (22 %), а по 10 % – генотип и взаимодействия "год–предшественник" и "год–сорт". Особенно выражена дифференциация сортов по $K_{\text{хоз}}$ в засушливые годы, тогда как в благоприятные условия различия сглаживаются. Это накладывает ограничения на использование $K_{\text{хоз}}$ как универсального индикатора засухоустойчивости.

При этом в благоприятные годы сорта в меньшей степени дифференцируются по уборочному индексу, чем в засушливые. Недостаток влаги снижает $K_{\text{хоз}}$ у всех групп спелости с 42–46 % до 31–37 %, что связано с менее эффективным использованием биомассы для формирования урожая [134]. Таким образом, в условиях засухи не только абсолютный уровень биомассы, но и ее целевое перераспределение приобретают критическое значение.

Исследования с машем также демонстрируют высокую положительную корреляцию уборочного индекса с урожайностью, числом бобов и семян, а те, в свою очередь, тесно связаны с высотой растений и числом ветвей [325]. Это подчеркивает универсальность $K_{\text{хоз}}$ в оценке продукционного потенциала различных культур.

У риса, как показано в работах по реализации потенциальной семенной продуктивности, сорта с повышенной репродуктивной нагрузкой демонстрировали раннюю реутилизацию ассимилятов. В отличие от этого, при благоприятных условиях поздняя реутилизация обеспечивала продолжительный фотосинтез и устойчивый налив зерна. Это подтверждает, что реутилизация ассимилятов у риса – скорее механизм адаптации к оптимальным условиям, а не ответ на стресс [259; 332].

Современные исследования показывают, что увеличение урожайности зерновых культур в ходе селекции тесно связано с перераспределением биомассы

в пользу генеративных органов без существенного увеличения общей биомассы. Основным морфологическим механизмом здесь является уменьшение высоты стебля, что не только повышает устойчивость к полеганию, но и позволяет формировать более густые посевы, использовать повышенные дозы удобрений и, как следствие, получать более высокие урожаи [23; 149; 151].

Ретроспективный анализ изменений $K_{хо3}$ в процессе селекции Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко позволил установить значительный прогресс. Так, уборочный индекс ценоза мягкой озимой пшеницы увеличился почти вдвое – с 22,8 % у местных сортов до 41,2 % у сортов восьмой сортосмены. Это сопровождалось параллельным ростом выхода зерна с побега. В целом, за весь период селекции абсолютное увеличение $K_{хо3}$ составило 15 % [182]. Аналогичная динамика наблюдается и у твердой озимой пшеницы ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко, где за 50 лет селекции $K_{хо3}$ вырос с 26,1 до 41,1 % [210].

Подход В.Д. Мединца [159] к интерпретации продукционного процесса с акцентом не столько на накопление массы, сколько на ее эффективное использование, особенно актуален в засушливых зонах. Сорта, обладающие умеренной вегетативной массой, но высоким $K_{хо3}$, могут оказаться предпочтительными в условиях раннего наступления засухи.

Уборочный индекс действительно может выступать косвенным показателем засухоустойчивости, но только в контексте учета биомассы. В условиях сибирской засухи определяющим становится способность сортов к наращиванию достаточной вегетативной массы до начала налива зерна. Даже если осадки возобновляются после цветения, их влияние будет ограничено, если к этому моменту растения не сформировали необходимый уровень биомассы [134].

Общие закономерности продукционного процесса у зерновых культур, в частности риса, показывают, что при оптимальной густоте посева и минеральном фоне питания биологическая продуктивность ограничена внешними факторами: уровнем фотосинтетически активной радиации и концентрацией CO_2 [47; 179]. Поэтому определяющим фактором урожайности выступает характер

распределения ассимилятов, количественно выражаемый уборочным индексом [124; 166].

Сравнительный анализ интенсивных и экстенсивных сортов риса показал, что у первых значительная часть ассимилятов направляется на формирование метелки и увеличение ее озерненности, что способствует повышению урожайности. У вторых – ассимиляты преимущественно расходуются на рост стебля, обеспечивая устойчивость к неблагоприятным условиям, но при этом снижая $K_{хоз}$ и урожайность [19; 40].

На стадии выхода в трубку различия в распределении ассимилятов определяют морфологию побега к фазе цветения, в частности, соотношение стебля и метелки в надземной массе. Именно это соотношение обуславливает вариации $K_{хоз}$, отражая эффективность фотосинтеза в хозяйственном выражении [11].

М.А. Скаженник с соавторами подтвердили эти наблюдения: у интенсивных сортов $K_{хоз}$ достигает 45,5–47,3 %, тогда как у экстенсивных – 37,6–41,4 %. Кроме того, с $K_{хоз}$ тесно связаны такие показатели, как число зерен на метелке и на единице площади, а также устойчивость к полеганию [216].

Генетические исследования, основанные на диаллельных скрещиваниях, показали, что наследование $K_{хоз}$ у пшеницы подчиняется аддитивно-доминантной модели с участием сверхдоминирования [224; 331; 339; 402]. При этом гетерозис у гибридов первого поколения позволяет получать значения $K_{хоз}$ выше родительских форм (до 53,2 %). Неаддитивные эффекты объясняются доминантными генами, направленными преимущественно в сторону увеличения $K_{хоз}$. Однако наличие сверхдоминирования ограничивает эффективность отбора в ранних поколениях.

Эксперименты в различных агроэкологических условиях выявили, что при благоприятных условиях (удобрения, защита от болезней), по предшественнику подсолнечник, уборочный индекс мягкой озимой пшеницы может существенно возрасти [182]. Однако его связь с другими агрономически важными признаками неоднозначна: в годовом разрезе корреляции между урожайностью и

$K_{хо3}$ были несущественными ($r = 0,07; 0,02; 0,01$), в то время как урожайность стабильно коррелировала с биологической массой ($r = 0,76-0,86$).

Таким образом, многочисленные опыты на озимой пшенице в Национальном центре зерна им. П.П. Лукьяненко показали, что экологические и генотипические коэффициенты корреляции между урожайностью и уборочным индексом разнонаправлены. В онтогенезе и агроэкологических опытах для повышения урожайности требуется обеспечение высокого биологического урожая, тогда как в филогенетической перспективе и селекционной работе ключевую роль играет рост $K_{хо3}$. Эти разнонаправленные процессы требуют контроля уровня уборочного индекса как адаптивно значимого признака, с целевым значением выше 50 % [182].

Однако С.Б. Лепехов предостерегает, что $K_{хо3}$ не следует абсолютизировать как индикатор засухоустойчивости. В условиях жестких весенне-летних засух он не отражает реальную способность растений сохранять продуктивность. Более тесно с засухоустойчивостью коррелирует общая биомасса растений ($r = 0,90$ против $r = 0,57$ для $K_{хо3}$) [134]. Тем не менее, в ряде регионов (например, в черноземной степи Поволжья) $K_{хо3}$ может оставаться стабильным даже при снижении урожайности вследствие засухи, поскольку пропорционально снижается и биомасса [122].

Очевидно, что для каждой климатической зоны, отличающейся распределением осадков в течение вегетационного периода, температурой и влажностью воздуха, будут свои желательные физиологические и на их основе морфологические признаки растений для получения максимального выхода семян с единицы площади.

Таким образом, уборочный индекс является информативным, хотя и сложным в интерпретации, показателем продуктивности, физиологической эффективности и адаптационного потенциала растений, широко применимым в селекции на урожайность, особенно в рамках ретроспективного анализа и типологических исследований.

Несмотря на важность уборочного индекса как ключевого признака в селекции на продуктивность, направленность селекционных программ на его дальнейшее повышение может обострять проблему адаптации сортов и гибридов. Прогностически допустимый, но экспериментально не доказанный рост фотосинтетического потенциала продуктивности, не обеспеченный в должной мере условиями для его реализации, создает условия для возникновения стрессов у растений [90]. Это особенно актуально в условиях усиления климатических аномалий и непредсказуемых погодных факторов.

А.В. Новиков на примере озимой пшеницы показал, что урожайность зерна возрастает пропорционально росту уборочного индекса до тех пор, пока поддерживается максимальный уровень биологической урожайности [182]. Однако в определенный момент увеличение $K_{хоз}$ становится невозможным без одновременного увеличения общей биомассы растения. Этот лимит был также отмечен Н.Е. Новиковой [183] в отношении гороха, где уборочный индекс достигал 65 % и приблизился к биологически возможному пределу вследствие консервативного биопотенциала культуры.

В контексте селекции сои исследования в Канаде показали, что генетическое улучшение скороспелых сортов не связано с изменением накопления и перераспределения сухого вещества, и относительные вклады этих процессов в повышение урожайности остаются недостаточно изученными [337].

В ответ на этот пробел было проведено исследование, целью которого стало сравнение накопления и распределения сухого вещества у старых и новых сортов сои. Два старых и два новых сорта с одинаковым вегетационным периодом выращивались в течение двух лет. Урожайность семян у новых сортов была на 30 % выше, чему способствовало увеличение накопления сухого вещества (78 %) и индекса урожая (22 %). Важным фактором оказалась способность новых сортов дольше сохранять листовую поверхность в период налива семян, обеспечивая продолжение фотосинтеза и накопления сухого вещества [337].

Высокая урожайность новых сортов сои связана не только с лучшей конверсией ассимилятов в семена, но и с морфофизиологическими адаптациями,

способствующими продлению фотосинтетической активности. Это хорошо согласуется с выводами А.А. Жученко, подчеркивающего значимость оценки устойчивости к стрессам и агроэкологической адресности селекции [74].

Таким образом, перспективы дальнейшего повышения уборочного индекса ограничены биологическими рамками культур, а также необходимостью системного подхода, включающего в себя не только генетическую селекцию, но и создание условий для полной реализации продуктивного потенциала растений. В противном случае чрезмерное стремление к повышению $K_{\text{хоз}}$ может привести к нарушению физиологического баланса и снижению адаптивной устойчивости сортов.

1.9 Методы и эффективность отбора в селекционном питомнике

Использование в селекционном процессе малых делянок без защитных рядов и повторностей – это переходный период от оценки (отбора) индивидуальных растений к оценке их потомств 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 однорядных) делянках – вынужденная мера, связанная с ограниченным количеством семян.

Из-за ограниченного количества семян на ранних этапах селекционного процесса селекционеры вынуждены оценивать материал на малых делянках без повторностей. Вполне очевидно, что точность таких оценок не может быть высокой из-за проявления конкурентного взаимодействия соседних делянок, небольшой их площади и неравномерности микрорельефа почвенного плодородия. По этой причине на начальных этапах реализации селекционной программы бракуется и безвозвратно теряется 60–90 % селекционного материала [140].

Многие селекционеры на этапе использования однорядных делянок ограничиваются визуальной оценкой материала или учетом хорошо наследуемых

признаков, считая данные по урожайности ненадежными [25; 215; 258; 288]. По этому поводу известный селекционер В.Я. Юрьев писал: «Основной признак сорта, его урожайность, можно установить только с того времени, когда сорт начинает занимать относительно большую площадь и когда его посеы имеют повторность» [270]. Отвергая возможность оценки урожайности на однорядных делянках, В.С. Коваль и С.Ф. Коваль рекомендуют проводить отбор высокопродуктивных генотипов на этапах селекции, где используются большие делянки [103]. В книге «Растение в опыте» С.Ф. Коваль и В.П. Шаманин критически оценивают действия некоторых селекционеров, проводящих отбор в селекционном питомнике на однорядных делянках «урожайных» кандидатов в сорта. При этом они категорично подчеркивают: «Следует взять за правило: никогда не судить об урожае по однорядковым и даже метровым делянкам. С точки зрения теории продукционного процесса это лишено смысла» [105].

Известны причины низкой эффективности проведения отборов на урожай в первичных звеньях селекционного процесса. А.Б. Дьяковым с соавторами [57; 67] на примере подсолнечника показано, что несоответствие оценок урожайности на однорядных делянках и многорядных делянках с двумя защитными рядами связано с отсутствием в первом варианте защитных рядов, элиминирующих эффекты межделяночной конкуренции. По сообщению В.Е. Розенцвейга и Д.В. Голоенко [203] ненадежность оценок урожайности на однорядных делянках, наряду с конкурентными взаимоотношениями генотипов, связана и с дополнительными факторами, каковыми являются краевые эффекты, изреженность соседствующих делянок и выпадения растений.

В связи с этим в любой селекционной программе широко используют глазомерную (визуальную) оценку различных показателей: темпов роста и развития растений, реакции растений на различные факторы внешней среды, степени повреждения вредителями и болезнями, устойчивости к полеганию, продуктивности линий [93; 135]. Глазомерно определяют целесообразность отбора из гибридных популяций и, основываясь на этих оценках, производят отбор растений и колосьев [157]. С.П. Мартынов и В.А. Крупнов показали, что в

случаях, когда интенсивность глазомерного отбора была такой же, как интенсивность отбора на основе фактической урожайности, многие высокоурожайные линии оказались неотобранными. Чтобы не выбраковывать ни одной высокоурожайной линии, глазомерный отбор не должен быть слишком интенсивным [157]. В.А. Михельман, Р.К. Кадиков установили, что процент потери высокоурожайных линий в результате визуальной браковки делянок в полевых условиях в СП-1 (отбор по колосу и растению) и СП-2 составил 70, 39 и 20 %. В конкурсном сортоиспытании соответствие урожайности и визуальной оценки было высоким и положительным [165].

Проведенные опыты в Алтайском НИИСХ на мягкой пшенице позволили сделать заключение о том, что глазомерная оценка сортов в полевых условиях хорошо согласуется с их фактической урожайностью. Визуальный способ позволяет выявить генотипы с урожайностью выше средней по опыту, но редко – выдающиеся. Браковка визуальнo низкоурожайных сортов и линий сопряжена с риском утраты средне-, но не высокоурожайных образцов. С увеличением урожайности чаще встречаются высокорослые генотипы с более густым стеблестоем и крупным колосом, и реже – с подавленным ростом и мелким колосом. Однако не найдено такого косвенного признака, который бы однозначно свидетельствовал о высокой или низкой зерновой продуктивности генотипа [165].

С.Б. Лепехов считает, что классификация гибридных популяций на основе визуальных оценок зерна отобранных колосьев позволяет лучше разделить их по селекционной ценности, чем классификация по урожайности. Однако таким образом можно отделить лишь гибридные популяции с низкой селекционной ценностью от популяций со средней либо высокой селекционной ценностью [132]. В целом, сравнивая результаты 67 исследований косвенного и прямого отбора в ранних гибридных популяциях зерновых культур, он пришел к заключению об отсутствии универсального селекционного критерия, пригодного для использования в различных средах, однако в пределах конкретных природно-климатических условий они существуют [136].

В любой программе улучшения урожая селекционеры часто имеют в виду набор признаков, которые, будучи объединены в генотип, привели бы к высокой продуктивности, и такой генотип называется идеотипом. Идея, лежащая в основе идеотип-дизайна, заключается в повышении урожайности за счет отбора генотипов на основе нескольких признаков одновременно [357]. Индекс Смита-Хейзел (SH) – это линейный селекционный индекс, который широко используется селекционерами для отбора по нескольким признакам [321; 381].

И.В. Торбина предлагает в ранних звеньях селекционного процесса и в коллекционном питомнике, где проводится посев без повторений, проводить анализ селекционного материала на основе дисперсии стандарта, что позволяет увеличить разрешающую способность опыта и выделить больше сортообразцов, которые по хозяйственно-биологическим показателям значимо выше стандарта [230]. Также эффективными приемами, уменьшающими негативное влияние несовершенства методики ранних питомников, является создание одинаковых условий выращивания образцов, глазомерные поправки на взаимовлияние образцов в питомнике. Рациональное построение селекционного процесса также позволяет уменьшить влияние малой точности и низкой достоверности полевого опыта. Так, в коллекционном питомнике предлагается по результатам первого года проводить браковку большого числа образцов, в последующие годы проводить оценку урожайности лучших с достаточным количеством повторений [230].

Оценка же по урожаю позволяет на ранних этапах выбраковывать низкоурожайные сорта [107; 146; 235]. Так, в модельных опытах РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко, где в качестве эталонного посева было принято конкурсное испытание, в селекционных питомниках использовались данные отдельных повторений. Показана слабая взаимосвязь между урожайностью сортов в разных питомниках [107].

При статистическом анализе данных без повторности ошибкой опыта является среднее квадратическое (стандартное) отклонение. Стандартное отклонение служит показателем, который дает представление о наиболее

вероятной средней ошибке отдельного, единичного, наблюдения, взятого из данной совокупности [54; 230]. Причем разрешающая способность опыта без повторностей снижается. В работах РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева показано, что для признания существенности различий продуктивности двух растений при отборе элиты нужно, чтобы продуктивность одного растения была на 80–250 % выше другого [107; 230]. При отборе высокопродуктивных сортов сои в селекционном питомнике в условиях Приморского края такое превышение должно быть не менее 16–30 % [26; 256].

Для повышения надежности оценки линий по урожайности и другим сильно варьирующим признакам в селекционном питомнике применяют частое расположение стандарта. В условиях, когда чаще всего распространены опытные участки как с систематическим переходом уровня плодородия, так и со случайным варьированием, согласно П.П. Литуну [142], оценку селекционного материала лучше проводить в сравнении со средней величиной всех делянок стандарта. При этом изменчивость продуктивности образцов, обусловленная пестротой почвенного плодородия, достаточно объективно оценивается дисперсией урожаев стандарта. Зная величину последней, можно получить критерий оценки номеров в селекционном питомнике [142; 158; 230].

Для оценки селекционного материала при посеве без повторностей С.П. Мартыновым, В.А. Крупновым, С.М. Городецким [158] было предложено использовать метод скользящей средней, позволяющий значительно снизить ошибку опыта без изменения существующей методики эксперимента. Скользящая средняя, определяемая для каждой делянки по группе соседних, является оценкой уровня почвенного плодородия. Данный метод успешно применяется в бесповторных опытах на сое в Приморском НИИСХ [26; 230; 256], на яровой мягкой пшенице в НИИ сельского хозяйства Юго-Востока [14].

Однако применение метода для анализа полевого испытания большого числа делянок возможно при следующих ограничениях: рендомизация вариантов-делянок; знание пространственного расположения делянок на участке; браковка отдельных делянок допускается лишь в виде исключения. Использование данного

метода для коррекции урожайности озимой пшеницы в условиях Удмуртии оказывается затруднительным, так как бывают годы, когда погодные условия зимне-весеннего периода вызывают изреживание и иногда гибель неустойчивых сортообразцов данной культуры [230].

Нивелировать действие межделяночной конкуренции у подсолнечника при отсутствии защитных рядов G.N. Fick и C.M. Swallers предлагают на 2-рядных делянках, считая, что искажение оценок при этом уменьшится вдвое [309]. А.Б. Дьяков с соавторами предлагают повысить точность оценки подсолнечника с помощью квадратных делянок [67]. Такие же рекомендации по использованию квадратной делянки дают W.M. Schutz и C.A. Brim на сое [374].

Принимая во внимание низкую наследуемость признака урожайность семян на ранних этапах селекции, В.А. Климачева предложила в селекционном питомнике яровой пшеницы учитывать признаки, на оценке которых мало сказывается взаимовлияние (конкуренция) и различия в их реакции на разную площадь питания. К таким признакам автор относит крупность зерна, стекловидность, содержание протеина, показатель седиментации, а также число растений на единице площади [102]. Вместе с тем автор отмечает, что, несмотря на низкую точность, оценка по урожаю зерна все же позволяет на ранних этапах отбраковывать низкоурожайные сорта.

В результате масштабной работы, проведенной селекционерами ТСХА им. К.А. Тимирязева на яровой пшенице, выявлена зависимость точности оценок линий в селекционном питомнике от площади питания растений. При испытании трех типов селекционного питомника с различной густотой стеблестоя было установлено, что по большинству основных показателей увеличенная площадь питания растений обеспечивала лучшее соответствие оценкам, полученным в контрольном питомнике и конкурсном сортоиспытании [173].

В.Л. Яковлев в своей работе, проведенной на горохе, показывает, что объективность оценки общей продуктивности сортов зависит как от числа повторностей и площади делянки, так и от ее ширины. По его мнению, это связано с проявлением краевого эффекта при посеве делянок с дорожками с двух

сторон. На основании полученных результатов автор рекомендует оценивать селекционные образцы на делянках с шириной не менее 1,5 м [271].

Изучение степени вклада защитных рядов и краевых растений в урожайность на 8-рядных делянках ячменя и пшеницы, показало, что два крайних рядка дают урожай на 40 % выше двух срединных, а растения с 30-сантиметровых концов делянок урожайней на 30 % растений из центра [366]. Доля вклада в общий урожай зерна риса с крайних рядков составляет 18,2–20,7 % в связи с чем авторы предлагают использовать усредненный поправочный коэффициент 0,8, либо при расчете площади 8-рядковой делянки, ее ширину увеличивать на 2 междурядья [185]. В опытах с генотипами сои W.M. Schulz и C.A. Brim показали, что вариабельность урожая на однорядных делянках длиной 5 м без защитных рядов возрастает на 50–80 % по сравнению с аналогичными делянками с защитными рядами [374]. Ранее нами установлено, что оценки урожайности материала на делянках селекционного питомника завышены по сравнению с конкурсным сортоиспытанием в среднем на 27,6 % [235].

Несмотря на существование проблемы, усовершенствованию методов отбора ценных генотипов на стадии селекционного питомника в последнее время исследователями уделяется недостаточно внимания. Видимо, это связано с довольно прочно устоявшимися схемами селекционного процесса у культур самоопылителей. В то же время достаточно много исследований посвящено изучению хозяйственно ценных признаков отдельных растений (элементов структуры урожая), с улучшением которых связывается прогресс в повышении продуктивности новых сортов [8; 44; 200].

Известно, что на начальном этапе селекционной работы часть ценного материала выбраковывается, и селекционеры пытаются найти новые индексы, методы для оценки ценных генотипов. Подходы на разных культурах, как правило, отличаются. Например, Г.И. Ившин предлагает использовать разные варианты по густоте стояния растений в селекционном питомнике первого года вики посевной для выявления лучших образцов по пластичности и гомеостатичности на основе оценки показателей соответственно интенсивности и селекционной ценности [91].

Р.А. Максимов предложил в селекционных питомниках 1-го и 2-го года ячменя использовать индекс отношения массы 1000 зерен к числу зерен в колосе [153]. По его мнению, этот показатель позволяет отобрать экологически пластичные, стабильные и толерантные к загущению сорта.

Никакой морфологический признак сам по себе в отрыве от остальных морфологических или физиологических особенностей не может выступать в качестве единственного и достаточного критерия оценки засухоустойчивости сорта [134].

В условиях засухи высота растения служит маркерным признаком при отборе продуктивных и засухоустойчивых форм. При этом длина всей соломины, а не верхнего междоузлия лучше характеризует засухоустойчивость сорта [134].

Д.В. Голоенко, в свою очередь, установил, что при статистическом анализе данных мелкоделяночных питомников сои (коллекционный, СП-1, СП-2) следует использовать поправочные коэффициенты для краевых эффектов, а в условиях засухи или низкого агрофона отбор следует проводить по параметрам архитектоники растений (тип роста, ветвистость, число узлов) [43].

В средах, где влияние лимитирующих факторов имеет несистематический характер, значение отдельных признаков для идентификации высокоурожайных генотипов изменяется от года к году [7; 61; 134].

Для упрощения структурного анализа и повышения его точности предлагается использовать показатель $K_{\text{хоз}}$ побега взамен $K_{\text{хоз}}$ ценоза [182].

При отборе элитных растений гороха следует учитывать низкую конкурентоспособность раннеспелых форм. Испытание и возделывание раннеспелых сортов необходимо проводить с использованием повышенной нормы высева семян [78].

У сои признаками, определяющими урожайность сорта, многие исследователи считают количество бобов и семян, их крупность, число продуктивных и непродуктивных узлов, ветвей и прочих элементов структуры урожая [34; 50; 200; 248; 267]. Однако, с одной стороны, согласно данным А.Б. Дьякова [62] и многих других исследователей, вести отбор на урожайность

по этим признакам бесперспективно, а с другой стороны, если рассматривать селекционный питомник, практически невозможно из-за большого объема работы.

Что касается отбора из гибридных популяций в селекционном питомнике, Е.Н. Трембак [232] считает, что для повышения эффективности селекционных отборов целесообразно осуществлять посемейный посев с самых ранних гибридных поколений – начиная с F_3 . В этом случае генофонд каждой семьи будет ограничен генотипом одного родоначального (элитного) растения, что, несомненно, повлияет на степень ценотической напряженности. Кроме этого, вся семья в целом при условии морфологической однородности может быть использована в качестве единицы следующего этапа отбора.

Таким образом, повышение точности оценки в селекционном питомнике важная и труднореализуемая задача. Это связано с рядом факторов, которые селекционер не может одновременно учесть в своей работе. К ним относятся: микрорельеф поля и пестрота плодородия, индивидуальная изменчивость генотипов, взаимовлияние растений внутри популяции между собой, ошибки при учете массы семян с делянки, разная реакция генотипов на повышенную площадь питания с торцов делянок (краевые эффекты), а также межделяночная конкуренция в связи с отсутствием защитных рядов.

1.10 Стабильность и адаптивность генотипов сои: значение, методы оценки и интерпретация параметров

Создаваемые сорта чаще оказываются невостребованными производством не из-за сниженного уровня потенциала продуктивности, а вследствие недостаточной экологической стабильности и адаптивности [94; 95]. Методы отборов на такие свойства в процессе селекции неэффективны, а рекордную адаптивность лучших сортов нельзя перенести в создаваемый сорт методом беккроссов [94; 120]. Для выявления степени стабильности и адаптивности созданных сортов проводятся их экологические испытания, по результатам которых вычисляются те или иные биометрические параметры, предложенные

для оценки особенностей норм реакции генотипов на диапазон условий испытаний.

Эффективность использования параметров взаимодействия генотип×среда в селекции растений в еще большей степени снижена из-за неопределенности в понимании того, какие биологические особенности оцениваемых генотипов измеряются с помощью таких параметров. Например, K.W. Finlay и G.N. Wilkinson [310] предложили коэффициент регрессии урожаев i -го генотипа на индексы среды b_i в качестве показателя адаптивности сорта, а S.A. Eberhart и W.A. Russell [304] расценивали величину b_i как параметр стабильности урожаев генотипа. В бывшем СССР, а теперь в странах СНГ величины b_i считают мерой пластичности генотипов [106; 188; 189; 211]. Однако, если С. Бороевич [23] к числу пластичных относит сорта с $b_i < 1,0$, то в большем числе публикаций, например, в статье П.П. Литуна [139], наоборот, высокопластичными считаются генотипы с $b_i > 1,0$. После того, как академик Н.И. Вавилов [27] определил показателями низкой или высокой пластичности сорта размеры ареала его возделывания, такой точки зрения придерживаются большинство отечественных селекционеров, но сорт с показателем $b_i > 1,0$ не может быть высокопластичным в соответствии с определением этого понятия Н.И. Вавиловым.

Во многих публикациях высокая пластичность сорта, о которой судят по значению $b_i > 1,0$, расценивается как показатель хорошей отзывчивости генотипа на благоприятные условия, как характеристика сорта интенсивного типа [39; 137; 189; 220; 255]. В.Г. Вольф и П.П. Литун [39] расценивают сорта с $b_i < 1,0$ как малоперспективные из-за слабой отзывчивости на комфортные условия. Однако А.А. Rosielle и J. Hamblin [367] показали, что по величинам $b_i < 1,0$ можно идентифицировать генотипы высокотолерантные к стрессам. Академик П.П. Лукьяненко [148] считал показателем высокой пластичности способность сорта давать удовлетворительные урожаи в неблагоприятных условиях, а этому соответствуют величины $b_i < 1,0$.

Хотя S.A. Eberhart и W.A. Russell [304] считали величину параметра b_i показателем степени стабильности генотипа, C.S. Lin с соавторами [342],

Н.С. Becker и J. Leon [281], И. Пешек и др. [192] утверждают, что средовая дисперсия S^2_i является теоретически более обоснованным показателем стабильности, но она мало пригодна для селекционеров, которые связывают стабильность этого типа с низкой урожайностью. По мнению всех этих авторов, при селекции растений на стабильно высокую урожайность эффективней использовать коэффициент регрессии на индексы среды b_i , который они относят к принципиально иной группе параметров.

Разнообразие в биологической интерпретации одного и того же параметра, а также использование разных математических моделей оценки стабильности порождает путаницу и снижает воспроизводимость результатов [186; 192; 342]. Это требует аккуратного подхода к выбору параметров и моделей при анализе генотип $\times$ среда.

Необходимость более точной оценки стабильности и адаптивности усугубляется тем, что селекционер не может детально изучить поведение сорта в широком диапазоне агроэкологических условий только на основе предварительных испытаний [23]. Методы биометрической генетики позволяют лишь количественно описывать взаимодействие генотипа со средой, не раскрывая его механизмов [1; 55; 56].

Высокая пластичность должна сочетаться с эффективным использованием ресурсов. Одним из таких показателей является способность генотипа эффективно преобразовывать накопленное органическое вещество в урожай зерна [159]. В этой связи компромисс между потенциально возможной урожайностью и реальной адаптивностью к стрессовым условиям может оказаться биологически оправданным. Особенно это актуально на фоне деградации почвенного плодородия и сниженной биологической активности агроценозов, восстановление которых требует времени [90].

Для оценки потенциальной продуктивности сортов яровой пшеницы, как показывают исследования, может быть полезен показатель массы колоса в фазе цветения — он пропорционален конечной массе зерна при благоприятных

условиях, и может применяться как экспресс-критерий прогноза урожайности [69].

Применение биометрических методов оценки стабильности и адаптивности сортов особенно актуально для сои — культуры, чувствительной к условиям выращивания и широко возделываемой в различных почвенно-климатических зонах. В связи с высокой вариабельностью погодных условий в регионах выращивания, важным направлением современной селекции сои становится отбор генотипов с высокой экологической пластичностью и устойчивостью к стрессам, прежде всего засухе и температурным экстремумам [284; 403].

Оценка показателей стабильности урожайности (включая коэффициент регрессии b_i , средовую дисперсию $S^2_{i\cdot}$, коэффициент вариации, индексы селекционной ценности) позволяет не только выявить сорта, способные сохранять продуктивность в неблагоприятных условиях, но и подобрать наиболее подходящие генотипы для конкретных агроэкологических регионов [330; 347]. Это особенно важно при использовании генетического разнообразия сои, в том числе интродуцированных образцов в селекционных программах.

Так, при изучении сортов сои различного географического происхождения выявлено, что высокоадаптивные формы, демонстрирующие стабильную урожайность, не всегда имеют максимальные значения биометрических параметров при оптимальных условиях, но часто превосходят по устойчивости стандартные сорта в стрессовых ситуациях [279; 315]. Введение оценки пластичности и стабильности в селекционный процесс позволяет формировать устойчивые генофонды, особенно в условиях изменяющегося климата и нестабильного водного режима.

Многочисленные исследования подтверждают высокую значимость оценки стабильности и адаптивности сортов для повышения эффективности селекционного процесса. Например, H.G. Gauch и R.W. Zobel [313] использовали модель AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction) для анализа взаимодействия генотипов сои с условиями среды и показали, что некоторые

линии проявляют стабильность даже при умеренной урожайности, что делает их ценными для зон с ограниченными ресурсами.

В исследовании S.O.P.B. Samonte et al. [371] урожайность и стабильность генотипов оценивалась по нескольким показателям, включая регрессионный коэффициент b_i . Авторы отметили, что многопараметрический подход более точно отражает адаптационный потенциал генотипов по сравнению с использованием только средней урожайности.

В условиях Бразилии M. Nascimento et al. [354] применили методы главных компонент и АММІ для оценки 30 сортов сои по устойчивости к различным типам стрессов. Были выявлены линии с высокой стабильностью и потенциалом для широкого распространения, что подчеркивает значимость комплексных биометрических подходов при создании сортов для разных регионов.

R. Mohammadi, A. Amri [350] анализировали стабильность урожайности 18 сортов сои в Иране и пришли к выводу, что наиболее стабильные сорта соответствовали значению коэффициента регрессии $b_i \approx 1,0$ что согласуется с выводами S.A. Eberhart и W.A. Russell [304] и подтверждает их применимость к сое.

Селекционные программы США и Канады также широко используют параметры стабильности в оценке новых линий сои. В частности, Z. Gizlice et al. [315] установили, что включение оценки взаимодействия «генотип $\times$ среда» в селекционный процесс позволило значительно повысить темпы селекционного прогресса по урожайности и адаптации новых сортов.

В целом, для эффективной селекции необходим не только отбор по выраженным хозяйственно ценным признакам, но и более глубокое понимание того, какие визуально оцениваемые морфологические характеристики могут служить надежными индикаторами адаптивности и потенциальной урожайности. Помимо учета этих признаков, важно рассматривать и физиологические механизмы, лежащие в основе формирования урожая, включая ассимиляционную активность, транспирационные процессы, регуляцию роста. Это требует детального анализа взаимодействия генотипа с факторами окружающей среды,

прежде всего – легко регистрируемыми агрометеорологическими параметрами, такими как температура воздуха и количество осадков. Оценка влияния этих факторов на жизнеспособность растений на различных этапах онтогенеза имеет важнейшее значение для прогнозирования урожайности и разработки моделей устойчивого земледелия.

2 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Почвенно-климатические условия при проведении опытов

Полевые исследования проводили на территории центральной экспериментальной базы Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», расположенной 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, который характеризуется как почва очень теплая, периодически и кратковременно промерзающая только в верхнем горизонте [28]. Гранулометрический состав легкоглинистый и тяжелосуглинистый, по минералогическому составу состоит в основном из минералов группы монтмориллонита и небольшого количества каолинита и кварца.

В пахотном горизонте структура почвы крупнокомковато-глыбистая, в подпахотном комковато-зернистая. Плотность почвы пахотного горизонта 1,24–1,30 г/см³, общая скважность 50–53 %, соотношение капиллярной и некапиллярной порозности 85:15. Чернозем выщелоченный обладает высокой водоудерживающей способностью, водопроницаемостью, гигроскопичностью и наименьшей влагоемкостью. В пахотном горизонте полная влагоемкость равна 42,5–43,4 %, наименьшая влагоемкость 30,0–30,5 %, влажность завядания 13,8–14,5 %. чернозем выщелоченный может накапливать и удерживать в слое 0–100 см до 330 мм, а в слое 0–200 см до 640 мм воды на гектаре. Запасы продуктивной влаги составляют в слое 0–100 см 51,8 % и в двухметровом слое 47,5 % от общих ее запасов [28].

Чернозем выщелоченный характеризуется невысоким содержанием гумуса в верхних горизонтах и глубоким его проникновением по профилю. В пахотном горизонте содержание гумуса составляет 3,6–3,8 %, на глубине 170–180 см – около 1,0 %. Валовые запасы гумуса в профиле почвы достигают 640–670 т/га. В составе гумуса содержится 32–37 % гуминовых кислот, 18–22 % фульвокислот, 41–49 % гумина [28].

Климат зоны исследований умеренно увлажненный, жаркий, с суммой температур свыше 3400–3800 °С континентального типа [2]. Среднегодовые температуры воздуха в центральной природно-климатической зоне Краснодарского края продолжают постепенно увеличиваться. По данным метеостанции «Круглик» (г. Краснодар) и автоматической цифровой метеостанции CairoBase, расположенной на расстоянии до 2 км от селекционных полей сои, среднегодовая температура воздуха за 100 лет (1925–2024 гг.) составила 11,8 °С, а за последние 30 лет (1995–2024 гг.) на 1,3 °С выше (13,1 °С) (Приложение А.1). Январь, как наиболее холодный месяц, характеризовался в предыдущие 100 лет средней температурой минус 0,6 °С, а за последние 30 лет +1,0 °С. В июле температурный максимум с 2001 г. был четыре раза больше +27,1 °С. Среднегодовая температура за 30 лет в этом месяце составила 25,3 °С, хотя в столетнем диапазоне она была на 1,3 °С ниже. В летние месяцы в отдельные годы возможны повышения температуры воздуха до 38–40 °С.

В последние годы в Западном Предкавказье заметно увеличилось количество лет с интенсивными и обильными осадками в конце весны – начале лета, способствующими формированию мощных растений с избыточной листовой поверхностью и корневой системой, расположенной преимущественно в верхнем слое почвы. 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 (1925–2024 гг.) составила 677,0 мм, за 30-летний период (1995–2024 гг.) на 57,9 мм больше – 734,9 мм (Приложение А.2). За 24-летний период проведения экспериментов

меньшее количество осадкой выпадало, как и за 100-летний период, в августе, но их количество уменьшилось с 46,0 до 34,3 мм.

Расчет гидротермического коэффициента показал, что за 24 года избыточное увлажнение было только дважды, 4 года – увлажнение было обеспеченное, 12 лет – недостаточное, 5 лет характеризовались дефицитом влаги и один год большим дефицитом влаги (Таблица 1).

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент в годы проведения исследований

Год	Сумма осадков, мм	Сумма осадков май–август, мм	ГТК	Условия увлажнения по значению ГТК
2001	864,0	196,6	0,716	недостаточное увлажнение
2002	842,6	386,5	1,453	избыточное увлажнение
2003	641,3	116,6	0,428	дефицит влаги
2004	819,6	345,7	1,359	избыточное увлажнение
2005	781,2	221,2	0,793	недостаточное увлажнение
2006	701,8	260,4	0,935	недостаточное увлажнение
2007	610,9	92,3	0,307	большой дефицит влаги
2008	546,5	168,0	0,616	дефицит влаги
2009	723,8	241,4	0,894	недостаточное увлажнение
2010	765,8	159,9	0,529	дефицит влаги
2011	796,7	244,4	0,878	недостаточное увлажнение
2012	573,6	176,0	0,589	дефицит влаги
2013	697,3	233,4	0,795	недостаточное увлажнение
2014	658,6	225,1	0,774	недостаточное увлажнение
2015	797,3	350,9	1,227	обеспеченное увлажнение
2016	783,3	308,7	1,067	обеспеченное увлажнение
2017	643,4	277,3	0,995	недостаточное увлажнение
2018	739,8	223,0	0,772	недостаточное увлажнение
2019	622,8	276,6	0,988	недостаточное увлажнение
2020	511,4	242,0	0,857	недостаточное увлажнение
2021	878,2	306,2	1,055	обеспеченное увлажнение
2022	724,2	327,2	1,137	обеспеченное увлажнение
2023	692,6	227,4	0,780	недостаточное увлажнение
2024	550,0	148,0	0,509	дефицит влаги
1925–2024 (100 лет)	677,0	239,6	0,905	недостаточное увлажнение
2001–2024	706,9	239,8	0,847	недостаточное увлажнение

2.2 Материал, схема и методика исследований

В рамках разработки модели сорта для селекционного улучшения сои с коротким вегетационным периодом был проведен анализ агробиологических характеристик пяти раннеспелых сортов данной культуры. Все исследуемые сорта включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации в период с 1994 по 2007 годы, и характеризуются широкой адаптацией к условиям Северного Кавказа, где они активно возделывались в производственных масштабах (Таблица 2).

Таблица 2 – Год включения раннеспелых сортов сои в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию для разработки модели сорта

Сорт	Год включения в Госреестр РФ
Быстрица 2	1994
Армавирская 2	2000
Дельта	2003
Дуар	2005
Альба	2007

Следует отметить, что в указанный период в агропроизводственной практике региона преобладали сорта сои с удлиненной вегетацией, что обусловило ограниченность набора раннеспелых форм, доступных для исследования. Несмотря на это, подобранные для анализа сорта репрезентативно отражают динамику сортосмены в сегменте раннеспелых генотипов за последние 15 лет и позволяют проводить достоверную оценку в целях адаптивной селекции.

Сорта выращивали по рекомендуемой для производства технологии возделывания сои, на делянках общей площадью 11,25 м² (2006–2008 гг.) и 14,0 м² (2009–2012 гг.), уборочная площадь соответственно составляла 6,75 м² и 7,0 м². Каждый сорт выращивали в трехкратной повторности при систематическом размещении делянок. Посев осуществляли с помощью селекционной кассетной сеялки СКС-6А. Посевы обрабатывали против болезней и вредителей разрешенными к применению пестицидами.

В течение вегетационного периода осуществляли фенологические наблюдения, направленные на фиксацию сроков наступления ключевых фаз развития растений: появления всходов, начала и завершения фазы цветения, а также полной физиологической спелости. Уборку урожая проводили вручную, путем срезания растений с учетных рядов с использованием серпа. После естественной сушки растений в полевых условиях снопы взвешивали и обмолачивали. На основе полученных данных определяли уборочный индекс, рассчитываемый как отношение массы семян к общей массе снопа.

Параметры структуры урожая анализировали по данным, полученным из пробных снопов, которые срезали перед началом массовой уборки с двух повторностей опытных делянок с площади 1 м². Изучение динамики накопления сухого вещества в процессе онтогенеза осуществляли весовым методом в трехкратной повторности на растениях, срезанных с площади 0,5 м². Площадь листовой поверхности определяли методом высечек в соответствии с методическими рекомендациями Института физиологии растений имени К.А. Тимирязева [180].

На основании полученных данных проводили расчеты показателей, характеризующих эффективность репродуктивных процессов: продуктивность семяобразования (отношение числа сформировавшихся семян к общему числу семязачатков в бобах), удельная поверхностная плотность листа (отношение массы листа к его площади), а также индекс микрораспределения, определяемый как отношение массы семян к массе всего боба.

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.

Испытания 12 среднераннеспелых сортов сои четырех периодов селекции продолжались 9 лет. Опыты закладывали в 4-кратной повторности на делянках с защитными рядами и учетной площадью 6,75–7,00 м², в зависимости от года, как было описано ранее. Биометрическому анализу подвергали результаты оценок урожайности сортов. Экологические стандартные отклонения, коэффициенты

корреляции и регрессии вычисляли общепринятыми методами. Индекс (коэффициент) засухоустойчивости определяли, как выраженное в процентах отношение оценок урожайности сортов в условиях засухи к величинам их урожаев при хорошей влагообеспеченности, как это принято в исследованиях разных авторов [155; 369; 390]. При этих вычислениях усредняли оценки урожайности каждого сорта за 3 наименее урожайных года и за 3 благополучных года [60].

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 в 2003 и 2004 гг. Учет массы семян, биомассы растений и уборочного индекса проводили как было описано ранее.

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.

В различных опытах использовался материал, который выращивался в непосредственно в питомниках либо по типу питомников, используемых в реальном селекционном процессе. В частности, делянки конкурсного испытания (КСИ) являются четырехрядными, два крайних ряда защитные, длина 10,0 м, повторность четырехкратная, расположение делянок систематическое, уборочная площадь 14,0 м²; делянки предварительного сортоиспытания (ПСИ) являются четырехрядными, два крайних ряда защитные, длина делянки 5,0 м, повторность трехкратная, расположение делянок систематическое, уборочная площадь 7,0 м². Делянки в контрольном питомнике (КП) такие же по размеру, как и в ПСИ, но в однократной повторности. В питомниках КСИ, ПСИ и КП расположение контролей каждые 2 делянки.

Делянки в селекционном питомнике имели разную конфигурацию:

СП-1 – однорядная делянка длиной 2,5 м без повторностей, площадью 1,75 м²;

СП-2 – двухрядная делянка длиной 2,5 м без повторностей, площадью 3,5 м²;

СП-3 – однорядная делянка длиной 5,0 м без повторностей, площадью 3,5 м².

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. Данные сорта широко используются в производстве, отличаются продолжительностью вегетационного периода. Лира относится к очень ранней, Славия – среднераннеспелой, Вилана – среднеспелой группам спелости.

Сорта высевали на делянках разной конфигурации по типу СП-1, СП-2 и СП-3, повторность шестикратная. Во всех типах питомника сорта высевали в монопосеве и чередуясь друг с другом.

При созревании на каждой делянке растения срезали на уровне почвы, взвешивали и обмолачивали отдельно. Масса снопа в опыте обозначена как биомасса, уборочный индекс (УИ) – отношение массы семян к массе снопа с делянки.

Конкуrentоспособность сорта (Com) определяли по формуле

$$Com = \frac{Y_{hp}}{Y} \quad (1),$$

где Y_{hp} – средняя урожайность данного сорта в чередующихся рядах,

Y – его урожайность в однородном ценозе.

При значении Com больше 1,0 сорт имел конкурентное преимущество по сравнению со значение показателя в чистом посеве, меньше 1,0 – соответственно уступал [387].

Влияние краевого эффекта изучали в 2004 и 2005 гг. на раннеспелом сорте Дельта и среднераннеспелом сорте Вилана. На одном участке высевали сорта с дорожками между ярусами, ширина ярусов составляла 3,0 и 5,0 м, и высевался массив, в котором при уборке отмеряли длину рядков 3,0 и 5,0 м. Отдельно убирали по 1, 2, 3 и 5 рядов в каждом варианте. Снопы взвешивали, обмолачивали и определяли уборочный индекс.

Кроме того, в 2020 г. вклад в урожай краевых растений определяли на сортах Лира, Славия и Вилана на однорядных делянках длиной 2,5 м, и линиях из

контрольного питомника, высеянных на однорядных пятиметровых делянках, убирая делянку полностью или оставляя краевые мощные растения неубранными.

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 визуальное выровненные линии в каждом поколении. Селекционный отбор велся по методу Педигри. В 2013 и 2014 гг. отобранные линии высевали на делянках с защитными рядами в трехкратной повторности по типу питомника предварительного сортоиспытания.

Биохимические показатели (содержание белка и масла в семенах, трипсинингибирующую активность) определяли с помощью ИК-анализатора.

Степень и направление связи урожайности семян с другими признаками устанавливали с помощью коэффициента корреляции Пирсона.

3 ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ РАЗНЫХ ЛЕТ СЕЛЕКЦИИ

Для расширения посевов и увеличения производства сои на юге России необходимо создание новых, стабильно урожайных сортов, адаптированных к типичным для этой зоны дефицитам влаги в критические фазы развития растений [111]. Такое направление селекции сои определилось во ВНИИМК с 1991 г., а на более ранних этапах критерии отборов существенно отличались [117]. В частности, Ю.П. Мякушко [171] иначе формулировал задачи селекции сои для этой зоны. Он считал, что для условий Кубани следует создавать сорта сои с реализуемым при орошении максимальным потенциалом урожайности за счет такой продолжительности вегетации, при которой семена успевают созреть до наступления заморозков, а также считал важной основой формирования урожаев величину и активность работы листового аппарата. Создаваемые на основе таких критериев отбора сорта экономически выгодно было возделывать только при орошении, поскольку урожайных на фоне июльско-августовских засух сортов в то время не было [170]. Такое направление селекции привело к тому, что при выращивании без поливов средняя за 1966–1970 гг. урожайность сортов сои в конкурсных испытаниях ВНИИМК даже снизилась по сравнению с предыдущей пятилеткой 1961–1965 гг. [113]. В современных условиях резкое ограничение возможностей орошения посевов сои привело к тому, что высокий потенциал урожайности сорта может иметь практическую значимость лишь в том случае, если он адаптирован к дефициту влаги в критический период онтогенеза [68].

Снижение эффективности селекции сои во ВНИИМК в течение периода с 1950 до 1990 гг. вследствие использования ошибочных критериев отбора подтверждает важность надежного объективного представления селекционера об идеальном морфофизиологическом типе растений создаваемых сортов. Успехи селекции сои после 1990 г. были обусловлены как отказом от отборов на увеличение массы листьев, так и совершенствованием методов испытаний урожайности генотипов без обоснования критериев отбора в ранних питомниках.

Обоснование таких критериев необходимо для дальнейшего повышения результативности селекции стабильно высокоурожайных сортов сои в условиях юга России. Исследования с целью выявления комплекса признаков отбора растений и семей сои, сочетающих высокий потенциал урожайности с устойчивостью к типичным для юга России июльско-августовским засухам, стали возможным после создания эмпирической селекцией уникальных сортов сои Лань и, особенно, Вилана. Изучение особенностей их реакций на изменения агроэкологических условий по сравнению с менее адаптивными сортами позволило выявить тот комплекс признаков, отбор на которые повысит результативность дальнейшей селекции. В проводимых опытах особое внимание уделяли учету признаков растений и агроценозов сои, так как установлено, что результаты исследований на молекулярном и клеточном уровнях мало полезны для выявления и объяснения различий по продуктивности и по устойчивости к стрессам, обнаруживаемых на организменном и ценотическом уровнях. В частности, кроме определения оценок урожайности учитывали связанные со степенью стабильности генотипов величины таких адаптивно значимых признаков как индексы площади листьев, показатель их ксероморфности, накопление надземной биомассы, уборочные индексы и т.д.

Нами ранее проводился ретроспективный анализ среднеспелых сортов сои, на основе которого была разработана модель сорта [161]. Сравнительный анализ раннеспелых сортов сои, возделываемых в этом регионе, проводится впервые.

3.1 Хозяйственно-биологические признаки

На каждом этапе селекционной работы решаются свои задачи, и вектор исследований со временем меняется. Это напрямую влияет на то, что появляются новые морфотипы с иными биологическими особенностями и продуктивностью. Кроме того, на селекцию влияет развитие сельскохозяйственного производства и перерабатывающая отрасль, доступность исходного материала и применяемые методы, которые со временем совершенствуются.

Важно не просто фиксировать различия между сортами, а понимать каковы их биологические особенности, какие признаки делают их ценными для производства, за счет чего они хорошо адаптируются к условиям окружающей среды. Не менее важное значение имеет то, как со временем меняются основные характеристики сортов – особенно их потенциал к формированию урожая и пригодность к выращиванию в производственных масштабах.

3.1.1 Продолжительность вегетационного и межфазных периодов

В своей диссертационной работе С.В. Зеленцов определил, что оптимальный вегетационный период для раннеспелых сортов сои, возделываемых в южно-европейском регионе, должен составлять 105–110 суток [88]. Автор доказал, что налив семян этих сортов сои наступает до позднелетних августовских засух, что обеспечивает получение стабильного урожая в разные годы.

За шесть лет испытания (2006–2009, 2011–2012 гг.) раннеспелых сортов условия произрастания были не благоприятными по ГТК: в трех сезонах отмечали недостаточное увлажнение, в двух – дефицит влаги и в один – большой дефицит влаги.

Продолжительность вегетации изучаемых сортов составила 108–112 суток (Таблица 3). Самая большая изменчивость была отмечена на сорте Армавирская 2 – от 101 до 116 суток, у остальных сортов вегетационный период изменялся от 7 до 13 суток в зависимости от складывающихся условий в период созревания. Самым стабильным по этому признаку был современный сорт Альба.

Таблица 3 – Вегетационный период сортов сои разных лет селекции, сутки

Сорт	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 6 лет
Быстрица 2	103	106	109	113	114	101	108
Армавирская 2	104	101	109	113	115	116	110
Дельта	107	109	111	113	113	116	112
Дуар	103	109	111	112	114	113	110
Альба	107	106	111	113	113	111	110

В целом сорта продемонстрировали выравненность по продолжительности вегетационного периода. Это свидетельствует о хорошей отселектированности и целенаправленном отборе сортов с определенной продолжительностью вегетации, что позволяет более эффективно использовать ресурсы среды и использовать сою в качестве хорошего предшественника озимых пшеницы и ячменя.

Урожайность сои, как и других яровых сельскохозяйственных культур, выращиваемых в богарных условиях, зависит от зимних запасов влаги и осадков, выпавших за вегетационный период. Запасы влаги в почве расходуются на начальных этапах роста и развития растений, соответственно если доступная вода идет на образование генеративных органов, а не только вегетативных, это способствует увеличению продуктивности. Таким образом, начало цветения в более ранние сроки является физиологически оправданным. К концу цветения уже, как правило, расходуется вода, выпавшая в виде осадков, и чем дольше будет цветение, тем больше шансов, что за этот период выпадут продуктивные осадки. Определение закономерностей у раннеспелых сортов сои явилось тому подтверждением (Таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции между некоторыми признаками у изучаемых сортов сои (2006–2009, 2011–2012 гг.)

Показатель	Всходы – начало цветения	Начало цветения – конец цветения	Конец цветения – созревание	Вегета- ционный период
Начало цветения – конец цветения	-0,685	-	-	-
Конец цветения – созревание	0,045	-0,735	-	-
Вегетационный период	-0,447	-0,040	0,628	-
Урожайность	-0,433	0,485	-0,100	0,593

Так, коэффициент корреляции урожайности с продолжительностью межфазного периода всходы – начало цветения составил $r = -0,433$, в некоторые годы доходя до $r = -0,760$. Самым коротким периодом до цветения

характеризовался высокопродуктивный сорт Дельта, зацветая в среднем через 32 суток после появления всходов, в то время как другие сорта начинали цвести на 37–39 суток (Рисунок 1).

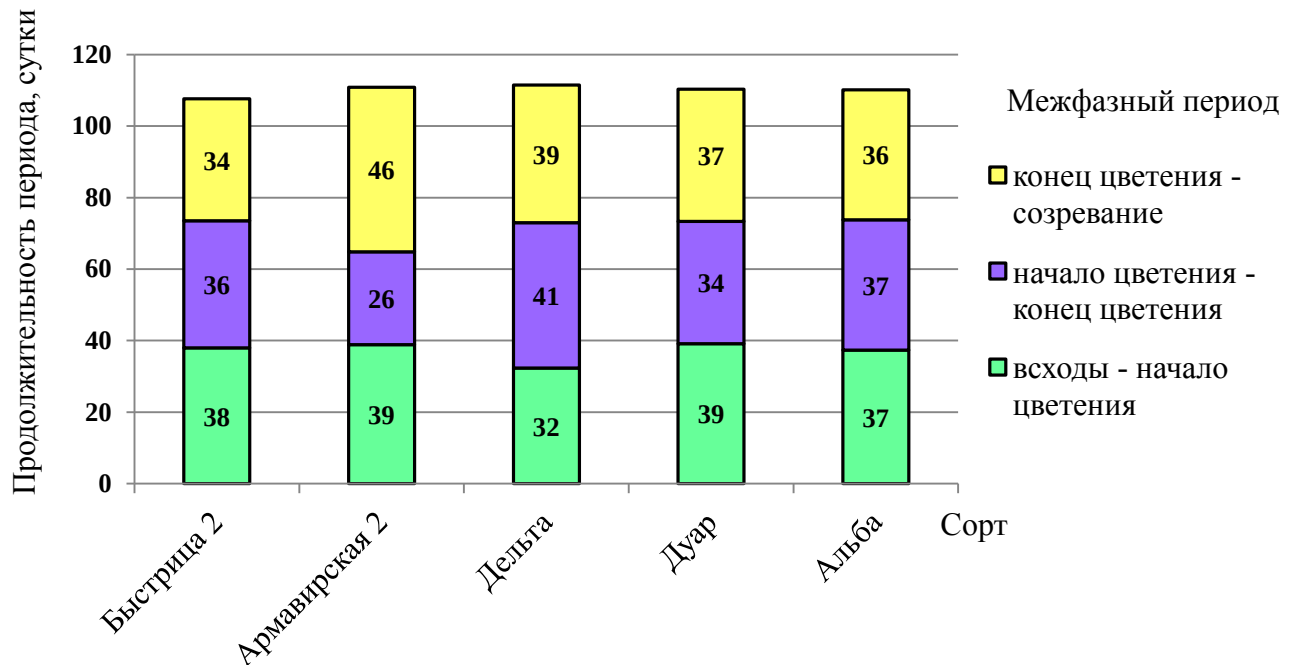


Рисунок 1 – Продолжительность межфазных периодов у раннеспелых сортов сои, сутки (среднее за 2006–2009, 2011–2012 гг.)

Коэффициент корреляции урожайности и продолжительности цветения свидетельствует о преимуществе сортов с большей длительностью цветения ($r = 0,485$). Сорт Дельта в среднем за 6 лет цвел 41 день (с диапазоном от 33 до 44 суток), в то же время сорт Армавирская 2 цвел в среднем на 15 суток меньше (от 21 до 29 суток), остальные сорта характеризовались продолжительностью от начала до конца цветения – 34–37 суток. В годы с большим количеством осадков в период цветения сои (2006, 2009, 2012 гг.) отмечена высокая корреляционная зависимость продолжительности цветения с урожайностью ($r = 0,586–0,813$). Это свидетельствует о высокой адаптивности сортов, способных в благоприятных условиях более полно реализовать потенциал продуктивности [241].

Отмечена отрицательная взаимосвязь между периодом от конца цветения до созревания и продолжительностью цветения ($r = -0,735$). В связи с этим сорта

Дельта и Альба, отличающиеся наибольшей длительностью цветения, отличались меньшим или средним количеством суток от конца цветения до созревания (36–39 суток), в то время, как сорт с наименьшей продолжительностью цветения Армавирская 2 – самым длительным периодом от конца цветения до созревания (46 суток).

Полученные данные демонстрируют, что сорта, созданные в разные годы, различаются по продолжительности межфазных периодов, что влияет на их адаптационные возможности. Важной особенностью раннеспелых сортов, как и среднераннеспелых и среднеспелых, является более раннее наступление цветения и его увеличенная продолжительность. Такая физиологическая особенность растений позволяет более эффективно расходовать зимне-весенние запасы влаги и летние осадки для формирования стабильного урожая семян.

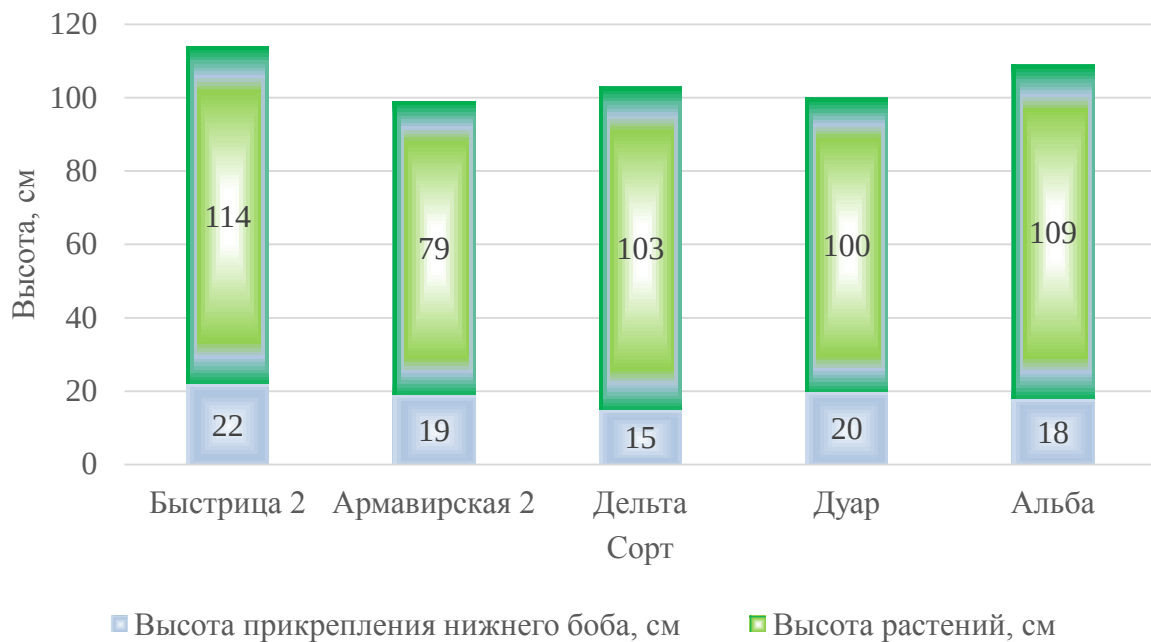
3.1.2 Морфологические особенности растений сои

Ранее Е.В. Мошненко и С.В. Зеленцовым было показано, что косвенным признаком глубины проникновения корневой системы и соответственно повышенной засухоустойчивостью растений сои может служить высота растений. Доказательством этого является высокая положительная корреляция между высотой растений и глубиной проникновения корней, соотношение между которыми составляет 1:2 – 1:2,4 [86].

Положительную связь между высотой растений и урожайностью у зерновых колосовых культур описывали некоторые ученые [44; 206; 340]. Однако высокорослые сорта часто полегали, что снижало продуктивность растений. На смену таким сортам были созданы полукарликовые, сочетающие высокую продуктивность с низкорослостью [18].

Сравнение сортов сои по высоте не показало строгой закономерности в увеличении или уменьшении этого признака. Достоверно превышающими по высоте растений оказались самый «старый» и самый «новый» сорта (Рисунок 2). Так, высота сорта Быстрица 2, районированного в 1994 году, в среднем за три

года составила 114 см, сорт Альба (2007 г.) имел высоту 109 см, различия между которыми находятся в пределах ошибки опыта. На одном уровне была высота сортов Дельта и Дуар – 103 и 100 см соответственно. Самым низким оказался сорт Армавирская 2, сформировав высоту 79 см, и отличающийся от других сортов по габитусу растений.



$$HCP_{05}(\text{высота растений}) = 6,7 \text{ см}$$

$$HCP_{05}(\text{высота прикрепления нижнего боба}) = 1,4 \text{ см}$$

Рисунок 2 – Высота растений и высота прикрепления нижнего боба у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, см (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Несмотря на то, что все годы были засушливы, самым низким коэффициентом ГТК (0,307) характеризовался 2007 год, что, безусловно, отразилось на высоте растений. Средняя высота растений в этом году составила 76 см (Таблица 5). В более благоприятные годы она была на 39 и 36 см или на 51 и 47 % выше.

Высота сортов в 2007 году изменялась от 60 до 83 см, в то время как диапазон в следующие годы составлял уже от 89 до 135 см. Меньше всего изменялась высота растений у сорта Армавирская 2 – на 29 см, самая большая вариация отмечена у сорта Быстрица 2 – 54 см.

Таблица 5 – Высота растений у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, см

Сорт	2007 г.	2009 г.	2012 г.	В среднем за 3 года
Быстрица 2	81	135	126	114
Армавирская 2	60	89	89	79
Дельта	83	114	111	103
Дуар	72	110	117	100
Альба	83	125	119	109
Средняя	76	115	112	101
НСР ₀₅	5,2	10,2	9,0	4,0

Исходя из полученных данных можно заключить, что после снижения высоты растений в процессе селекции последний созданный сорт в этой группе имел уже бóльшую высоту, учитывая имеющиеся данные о связи продуктивности с высотой растений.

Высота прикрепления нижнего боба характеризует приспособленность сорта к комбайновой уборке и возможность сбора урожая без потерь на несрезанных стеблях. Анализ изучаемых сортов показал, что сорта значительно отличались по этому признаку: от 15 см у сорта Дельта до 21,5 см у сорта Быстрица 2 (Таблица 6).

Таблица 6 – Высота прикрепления нижнего боба у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, см

Сорт	2007 г.	2009 г.	2012 г.	В среднем за 3 года
Быстрица 2	25,2	21,0	18,3	21,5
Армавирская 2	17,0	22,6	18,0	19,2
Дельта	15,6	18,0	12,5	15,4
Дуар	20,7	23,4	14,6	19,6
Альба	21,7	19,3	14,9	18,6
НСР ₀₅	2,5	4,7	3,1	2,2

Этот признак также зависел и от особенностей года. В острозасушливом 2007 году, в среднем по сортам, оказалась самая большая высота прикрепления нижнего боба – 21,7 см, в то время как в 2012 г. – 14,9 см. В целом за три года самое высокое прикрепление боба отмечали у сортов Быстрица 2 и Дуар. Сорт

Дельта во все годы характеризовался самым низким показателем – от 12,5 до 18,0 см. Однако, тесной взаимосвязи этого признака с высотой растений не отмечено ($r = 0,146$).

Таким образом, в результате селекции высота растений изменялась, но последние созданные сорта характеризуются повышенным показателем этого признака. Все сорта пригодны к механизированной уборке, но самые первые имеют даже излишне высокое прикрепление нижнего боба. Этот признак у последних сортов более предпочтителен и вписывается в ранее установленный селекционерами оптимальный показатель – 16–20 см [225].

3.1.3 Элементы структуры урожая

Отличия растений по высоте предполагают отличия в габитусе растений и элементах структуры урожая. Одним из важных показателей характеризующих продуктивность растений является количество продуктивных узлов, которое зависит от количества ветвей, погодных условий и генетических особенностей сорта.

Известно, что число ветвей на растении может изменяться от условий произрастания, в частности густоты стояния растений, схемы посева, обеспеченности питательными элементами и доступной влагой. При этом ряд авторов считает, что количество ветвей зависит от генотипа на 31–41 % [33].

Нет единого мнения, какое количество ветвей на растениях сои является оптимальным. Одни исследователи утверждают, что продуктивность растения тем выше, чем больше ветвей, а соответственно узлов и бобов на нем [16]. Другие, ввиду повышения технологичности, считают, что целесообразнее создавать сорта с наименьшим количеством ветвей [8; 194; 294]. Л.К. Малыш считала перспективным создание одностебельных сортов сои для повышения урожайности за счет возможности увеличения густоты стояния растений [154]. Селекционеры белорусской компании «Соя-Север» и Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина в своих экспериментах пришли к заключению, что более перспективно

создавать сорта с 2-4 ветвями, так как они будут более стабильны по урожайности при разной густоте стояния растений [51; 198; 199; 201; 248].

В наших опытах были сорта как с повышенным, так и с пониженным количеством ветвей, отличавшиеся по габитусу растений. Наибольшее количество ветвей отмечено у сортов Быстрица 2 и Армавирская 2, в среднем по 2,8 шт., и у сорта Дуар – 2,7 шт. на растение. Достоверно меньше ветвей было у сортов Дельта (1,8 шт./раст.) и Альба (2,0 шт./раст.) (Таблица 7).

Таблица 7 – Характеристика раннеспелых сортов сои разных лет селекции по некоторым элементам структуры урожая (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Сорт	Количество узлов на растении, шт.		Количество узлов на главном побеге, шт.		Количество ветвей на растении, шт.
	всего	продуктивных	всего	продуктивных	
Быстрица 2	35,5	16,7	17,3	8,7	2,8
Армавирская 2	38,4	22,9	16,7	9,5	2,8
Дельта	31,6	19,5	19,0	11,2	1,8
Дуар	33,6	18,2	17,7	9,6	2,7
Альба	34,9	20,9	18,2	10,2	2,0
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	1,34	1,61	0,6

Сорта с наибольшим количеством ветвей закономерно формировали большее количество узлов на ветвях. Так, у сортов Быстрица 2 и Армавирская 2 в среднем формировалось 18,2 и 21,7 штук узлов на ветвях, что на 0,9 и 4,0 узлов больше, чем на главном стебле. У остальных сортов большее количество узлов формировалось на главном стебле. Меньше всего узлов на ветвях формировал сорт Дельта – 12,6 против 19,0 на главном стебле.

Что касается количества продуктивных узлов, то есть узлов, в которых были сформированы бобы с семенами, то в целом на растении сорта между собой достоверно не отличались. В среднем на растениях было от 16,7 до 22,9 продуктивных узлов. Созревших бобов на главном стебле было больше у сорта Дельта (11,2 шт.) против 8,3 шт. на ветвях, а наименьшим у сорта Быстрица 2 – 8,7 шт., почти столько же, как и на ветвях – 8,6 шт.

Полученные данные демонстрируют неодинаковые доли вклада генеративных органов главного побега в урожайность (Рисунок 3). У сортов Быстрица 2 и Альба соотношение бобов на главном стебле и ветвях примерно одинаковое. Сорт Армавирская 2 в большей части формирует урожай на ветвях, а сорта Дельта и Дуар – на главном стебле.

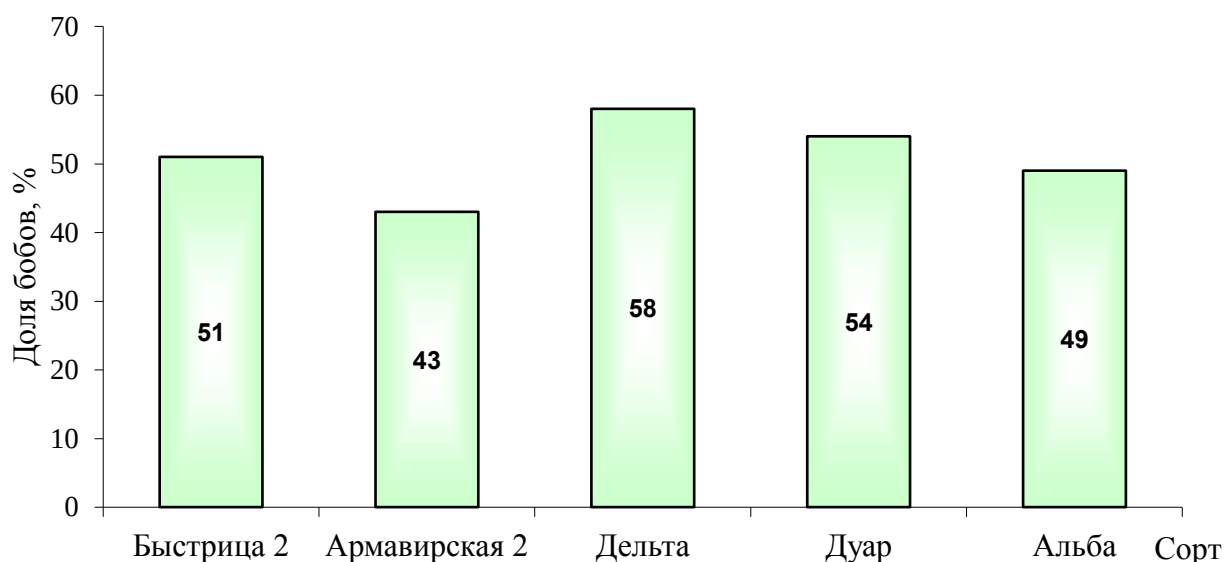


Рисунок 3 – Доля участия бобов с главного побега в урожайности раннеспелых сортов сои разных лет селекции, % (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Обращает на себя внимание высокая отрицательная корреляция количества ветвей с урожайностью ($r = -0,798$) и уборочным индексом ($r = -0,766$) на фоне высокой положительной зависимости между количеством продуктивных узлов на главном побеге с урожайностью ($r = 0,766$), высотой прикрепления нижнего боба ($r = 0,843$), что свидетельствует о преимуществе маловетвистых сортов в засушливых условиях Юга европейской части России.

У сортов, формирующих урожай в равных долях или больше за счет главного стебля, число бобов на растении было меньше на 5–14 штук, по сравнению с сортом Армавирская 2, при этом значительных отличий по числу бобов на 1 узел не отмечено (Таблица 8).

Дальнейший анализ полученных данных показывает, что у современного сорта Альба среднее количество бобов на растении сочетается с повышенным числом семян в бобе. Превышение над сортом Армавирская 2 составляет 0,52 шт.

семян в 1 бобе, или на 31 %. Также достоверно выше на 0,19 штук семян в бобе формировалось у сорта Альба в сравнении с Дуаром. Таким образом, последний созданный сорт Альба отличается средним количеством бобов на растении при повышенном количестве семян в бобе. Это привело к повышенному количеству семян на растении.

Таблица 8 – Характеристика раннеспелых сортов сои по количеству бобов, семян и массе 1000 семян (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Сорт	Среднее количество бобов, шт.		Среднее количество семян, шт.		Масса 1000 семян, г
	на 1 растении	на 1 узел	на 1 растении	на 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
НСР ₀₅	5,2	$F_{\phi} < F_T$	7,9	0,16	7,4

Сравнение сортов по массе 1000 семян показало, что сорта существенно отличались по этому признаку. Наибольшую массу 1000 семян формировал сорт Дельта, а наименьшую Дуар (169 против 117 г), хотя по количеству семян на растении они практически не отличались (Таблица 9). Сорт Альба на фоне наибольшего количество семян на растении и в бобе формировал достаточно крупные семена – в среднем за три года 149 г.

Таблица 9 – Масса 1000 семян у сортов сои разных лет селекции, г

Сорт	2007 г.	2009 г.	2012 г.	В среднем за 3 года
Быстрица 2	92	149	108	116
Армавирская 2	107	151	142	133
Дельта	140	176	192	169
Дуар	94	134	122	117
Альба	127	163	157	149
НСР ₀₅	4	4	6	7,4

В условиях большого дефицита влаги в 2007 г. масса 1000 семян была низкой и в среднем по всем изучаемым сортам составила всего 112 г, что является очень низким показателем для семян сои. В 2012 г. с меньшим дефицитом влаги масса 1000 семян была значительно выше – 144 г. В этих условиях прослеживалась положительная зависимость этого признака от продолжительности цветения ($r = 0,563$) при высокой отрицательной корреляции с продолжительностью периода всходы–начало цветения ($r = -0,880$). Ранним зацветанием и продолжительным цветением отличался сорт Дельта, у которого масса 1000 семян была максимальной и составила 192 г.

Аналогичные закономерности прослеживались и в 2009 г. Сорта Быстрица 2, Армавирская 2 и Дуар характеризовались более продолжительным периодом всходы–начало цветения и меньшей в опыте массой 1000 семян (134–151 г). Таким образом, сорта, которые раньше переходят к генеративной фазе имеют преимущество по крупности семян за счет лучшего использования зимних запасов влаги.

В целом анализ элементов структуры урожая раннеспелых сортов сои разных лет селекции свидетельствует об уменьшении количества ветвей у продуктивных сортов, преимуществах сортов, формирующих большее количество бобов на главном стебле, повышенном числе семян в бобе и крупностью семян, при стабильном количестве бобов на один узел.

3.2 Семенная и биологическая урожайность

Многие селекционеры при сравнении сортов в ретроспективе уделяли внимание изучению изменения биомассы растений. С одной стороны, увеличение биологической урожайности должно привести к увеличению массы семян, однако у большинства культур при равной продолжительности вегетационного периода увеличение урожайности семян происходило за счет перераспределения пластических веществ без увеличения всей биомассы растений.

3.2.1 Надземная биомасса растений

Анализ полученных данных свидетельствует об отсутствии линейной закономерности по изменению биологической урожайности в результате селекционной проработки раннеспелых сортов сои (Таблица 10). У всех сортов этот показатель изменялся в зависимости от погодных условий. Самая низкая биологическая урожайность в опыте сформировалась в 2008 году ($412,8 \text{ г/м}^2$), хотя самым засушливым был 2007 год. Практически на таком же уровне был этот показатель и в 2011 году ($443,8 \text{ г/м}^2$), хотя ГТК составил 0,878 против 0,307 в 2007 г. При практически идентичном ГТК в 2009 году по сравнению с 2011 г. (0,894), средняя биомасса сортов оказалась в 1,7 раза больше и составила $760,9 \text{ г/м}^2$.

Таблица 10 – Биологическая урожайность раннеспелых сортов сои разных лет селекции, г/м^2

Сорт	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 6 лет
Быстрица 2	607,9	463,2	449,4	780,0	438,1	601,0	556,6
Армавирская 2	545,7	445,4	363,0	738,1	402,4	710,5	534,2
Дельта	606,9	425,7	439,5	777,1	459,5	689,1	566,3
Дуар	636,5	435,1	397,5	703,3	402,4	676,7	541,9
Альба	626,7	512,6	414,8	806,2	516,7	672,9	591,6
Среднее за год	604,7	456,4	412,8	760,9	443,8	670,0	558,1
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	45,8	63,1	78,02	$F_{\phi} < F_T$	28,9

Наибольшую биологическую урожайность в среднем за шесть лет показали сорта Альба и Дельта. Достоверно ниже этот показатель был у сортов Быстрица 2, Армавирская 2 и Дуар. Поскольку все сорта имели одинаковый вегетационный период закономерной связи между этими показателями не отмечено ($r = -0,059$). При этом продолжительность периода цветения положительно влияла на биологическую урожайность ($r = 0,672$). Продолжительность всходы – начало цветения и конец цветения – созревание, напротив, отрицательно связаны с изучаемым показателем – $r = -0,397$ и $-0,543$ соответственно.

3.2.2 Урожайность семян

Урожайность семян также, как и надземной биомассы, изменялась в зависимости от погодных условий. Однако, если наибольшая средняя по сортам урожайность семян совпала с биологическим урожаем в 2009 году и составила 284 г/м^2 , то наименьшая урожайность семян была отмечена в 2007 году, составив всего 83 г/м^2 (Таблица 11). Небольшие расхождения по рангам этих двух показателей наблюдали и в другие годы.

Таблица 11 – Урожайность семян у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, г/м^2

Сорт	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 6 лет
Быстрица 2	146	44	101	265	95	121	129
Армавирская 2	153	73	84	272	123	182	148
Дельта	209	89	143	299	157	206	184
Дуар	189	84	122	276	140	177	165
Альба	216	124	136	307	192	239	202
Среднее за год	183	83	117	284	141	185	166
НСР ₀₅	15,3	20,3	24,5	19,5	30,2	35,4	9,9

В среднем за шесть лет самую низкую урожайность семян сформировал самый «старый» сорт Быстрица 2 (129 г/м^2), на 19 г/м^2 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 56,6 % или на $0,056 \text{ т/га}$ в год (56 кг/га в год).

3.2.3 Биохимический состав семян

В первую очередь сою во всем мире выращивают для получения высококачественного белка. Варьирование этого признака довольно широкое –

от 32 до 48 % [72; 190]. Содержание его в обычных зерновых сортах находится на уровне 36-40 % [87]. Ретроспективный анализ среднераннеспелых сортов сои показал, что за 70-летний период содержание белка и масла в семенах сои осталось неизменным [161].

Полученные данные в результате изучения раннеспелых сортов сои также демонстрируют отсутствие закономерного увеличения или уменьшения содержания белка в результате селекционной проработки (Таблица 12).

Таблица 12 – Содержание белка в семенах раннеспелых сортов сои разных лет селекции, %

Сорт	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 5 лет
Быстрица 2	42,1	41,6	40,9	42,2	41,2	41,6
Армавирская 2	43,4	42,8	42,0	42,2	43,9	42,9
Дельта	43,5	42,1	40,8	41,7	42,1	42,1
Дуар	42,1	41,5	41,0	41,6	42,4	41,7
Альба	42,5	41,7	40,3	40,8	41,9	41,4
Среднее за год	42,7	42,0	41,0	41,7	42,3	41,9
НСР ₀₅	0,6	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	0,4	0,4

В среднем по годам максимальное содержание белка в семенах было у сорта Армавирская 2 – 42,9 %, несколько ниже у сорта Дельта (42,1 %). Наименьшим этот показатель был у сортов Альба и Быстрица 2, соответственно 41,4 и 41,6 %.

Более важным для производства является показатель сбора белка с единицы площади. В среднем максимальным коэффициент корреляции с урожайностью $r = 0,994$ был у самого высокоурожайного сорта Альба (708 кг/га) (Таблица 13). Самым низким сбором белка характеризовался сорт Быстрица 2 (445 кг/га), что на 37 % ниже сорта Альба. Сорта Армавирская 2 и Дуар на 95 и 126 кг/га накапливали больше белка в сравнении с Быстрицей 2, а Дельта по сбору белка уступал Альбе 66 кг/га.

Важным компонентом семян сои является масло. Исследователями ранее отмечалась отрицательная корреляция между содержанием белка и масла в семенах [190], что подтвердилось и в наших опытах. Коэффициент корреляции между этими компонентами составил -0,954. В сортах Быстрица 2 и Альба

установлено наивысшее (23,4 %) содержание масла в семенах (Таблица 14), а сорт Армавирская 2 уступал всем сортам по этому показателю (21,1 %).

Таблица 13 – Сбор белка у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, кг/га

Сорт	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 5 лет
Быстрица 2	159	361	931	345	429	445
Армавирская 2	273	309	982	447	688	540
Дельта	333	518	1049	563	747	642
Дуар	304	436	972	500	645	571
Альба	454	488	1063	673	861	708
Среднее за год	305	422	999	506	674	581
НСР ₀₅	75,6	90,3	64,0	108,0	129,7	38,4

Таблица 14 – Содержание масла в семенах раннеспелых сортов сои разных лет селекции, %

Сорт	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 5 лет
Быстрица 2	23,0	23,6	23,6	22,5	24,5	23,4
Армавирская 2	20,6	20,9	21,5	21,2	21,6	21,1
Дельта	21,6	22,2	22,4	22,0	23,0	22,3
Дуар	21,6	22,8	22,4	22,4	23,4	22,5
Альба	23,2	23,1	23,0	23,1	24,3	23,4
Среднее за год	22,0	22,5	22,6	22,2	23,4	22,5
НСР ₀₅	0,6	0,8	$F_{\phi} < F_T$	0,8	0,9	0,4

Сбор масла, как и сбор белка, имеет функциональную сильную зависимость с урожайностью семян ($r = 0,980$). Максимальное количество масла в среднем за 5 лет накапливал сорт Альба – 406 кг/га, что на 54–147 кг/га выше других сортов (Таблица 15). В 2008 году у сорта Дельта сбор масла был на уровне сорта Альба, уступая в другие годы, как и остальные сорта.

Поскольку содержание ингибитора трипсина отрицательно коррелирует с содержанием белка ($r = -0,954$), максимальная трипсинингибирующая активность (ТИА) отмечена у сортов Быстрица 2 и Альба в четырех из пяти лет и в среднем по годам – 23,1 и 23,3 мг/г соответственно (Таблица 16). Меньше всего ТИА был у сорта Армавирская 2 – 19,7 мг/г. Сравнивая практически одинаковые по

содержанию белка в семенах сорта Дуар и Альба, следует отметить, что у первого ТИА на 1,61 мг/г меньше, что делает возможным снижение трипсинингибирующей активности у новых сортов на фоне сохранения уровня содержания белка в семенах.

Таблица 15 – Сбор масла у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, кг/га

Сорт	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 5 лет
Быстрица 2	87	205	538	183	255	259
Армавирская 2	129	151	503	224	337	269
Дельта	166	274	577	298	408	352
Дуар	156	239	531	270	356	319
Альба	247	271	608	381	500	406
Среднее за год	157	228	551	271	371	321
НСР ₀₅	36,2	47,1	29,8	57,1	74,0	21

Таблица 16 – Трипсинингибирующая активность семян у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, мг/г

Сорт	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 5 лет
Быстрица 2	22,0	23,0	24,0	22,2	24,0	23,1
Армавирская 2	18,9	19,1	21,1	20,8	19,3	19,7
Дельта	19,7	21,3	22,9	22,0	22,1	21,6
Дуар	19,4	22,3	22,5	22,2	22,1	21,7
Альба	22,6	22,8	24,1	23,5	23,5	23,3
Среднее за год	20,4	21,7	22,9	22,2	22,2	21,9
НСР ₀₅	0,82	1,1	0,5	$F_{\phi} < F_T$	1,32	0,57

Таким образом, 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 ТИА у первого (Быстрица 2) и последнего (Альба) созданных сортов выше, чем у сортов, созданных между ними, тем не менее возможно снижение этого показателя без изменения содержания белка в семенах.

3.3 Особенности продукционного процесса у сортов сои разных лет селекции

В предыдущих главах рассмотрены морфологические особенности, урожай надземной биомассы и семян, другие хозяйственно ценные признаки раннеспелых сортов сои, созданных в разные годы. Для выявления особенностей формирования высокого урожая в засушливых условиях Юга европейской части России изучали физиологические процессы, протекающие в растениях данных сортов.

3.3.1 Уборочный индекс

В главе 3.2 было показано, что по биологическому урожаю преимущество имели сорта Дельта и Альба, при этом наивысшую урожайность семян формировал сорт Альба. Это говорит о различной способности сортов перераспределять пластические вещества между вегетативными и генеративными органами.

Установлено, что у сортов Дельта и Альба уборочный индекс был выше, чем у трех остальных сортов и составил в среднем за 6 лет 0,31 и 0,33 против 0,21–0,29 (Таблица 17). В целом этот показатель в годы исследований продемонстрировал достаточно низкий уровень, в сравнении с среднераннеспелыми сортами, у которых уборочный индекс составлял в благоприятные по влагообеспеченности годы до 0,46 [161].

Таблица 17 – Варьирование уборочного индекса у раннеспелых сортов сои разных лет селекции по годам

Сорт	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2011 г.	2012 г.	В среднем за 6 лет
Быстрица 2	0,23	0,09	0,23	0,33	0,21	0,19	0,21
Армавирская 2	0,27	0,15	0,24	0,36	0,29	0,24	0,26
Дельта	0,33	0,20	0,33	0,37	0,32	0,28	0,31
Дуар	0,28	0,18	0,31	0,38	0,33	0,25	0,29
Альба	0,33	0,23	0,34	0,37	0,35	0,33	0,33
НСР ₀₅	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02

Как и по другим показателям, уборочный индекс изменялся в зависимости от погодных условий года. Меньше всего пластических веществ в семена было направлено в 2007 году. Несмотря на то, что в среднем биомасса в этом году была даже выше, чем в 2008 и 2011 гг., практически полное отсутствие осадков в июле (4,1 мм) и в целом с мая по август (92,3 мм против 241 мм по среднемноголетним данным) не позволило растениям формировать семена. У сорта Быстрица 2 доля семян в общей биомассе составила всего 9 %, максимальный показатель был у современного сорта Альба – 23 %. В более благоприятном 2009 г. эти сорта формировали 33 и 37 % семян от общей биомассы.

В среднем за 6 лет максимальный уборочный индекс был у сортов Альба и Дельта. Преимущество этих двух сортов повторялось в четырех годах из шести, в 2007 и 2012 г. достоверный максимум уборочного индекса демонстрировал только сорт Альба. В 2008, 2009 и 2011 г. доля семян в общей биомассе у сорта Дуар была на уровне сортов Альба и Дельта, однако в среднем за 6 лет этот показатель у сорта Дуар был достоверно ниже, чем у сорта Альба.

Анализ стабильности признака показал, что в годы изучения доля семян у сорта Быстрица 2 изменялась от 9 до 33 %, то есть на 24 %, у сорта Армавирская 2 на 21 %, Дельта – на 17 %, Дуар – на 20 % и Альба – на 14 %. Таким образом, более стабильный показатель уборочного индекса у сортов Альба и Дельта свидетельствует об их более высокой засухоустойчивости и способности формировать урожай семян даже в экстремально-засушливых условиях.

Подтверждением тому является связь урожайности семян с уборочным индексом в годы с дефицитом осадков. В пять из шести лет испытаний коэффициенты корреляции составили от $r = 0,899$ до $r = 0,983$ (Таблица 18). При этом связь урожайности и надземной массы была менее значительной, с коэффициентом корреляции от $r = 0,490$ до $r = 0,672$.

Таблица 18 – Коэффициенты корреляции (r) между урожайностью семян и некоторыми признаками у изучаемых сортов сои

Год исследований (условия увлажнения)	Признак	Биологическая урожайность	Урожайность семян
2006 г. (недостаточное увлажнение)	Урожайность семян	0,579	-
	Уборочный индекс	0,280	0,944
2007 г. (большой дефицит влаги)	Урожайность семян	0,490	-
	Уборочный индекс	0,253	0,966
2008 г. (дефицит влаги)	Урожайность семян	0,511	-
	Уборочный индекс	0,163	0,928
2009 г. (недостаточное увлажнение)	Урожайность семян	0,566	-
	Уборочный индекс	-0,358	0,564
2011 г. (недостаточное увлажнение)	Урожайность семян	0,724	-
	Уборочный индекс	0,350	0,899
2012 г. (дефицит влаги)	Урожайность семян	0,672	-
	Уборочный индекс	0,532	0,983

В самом благоприятном по распределению осадков и температуре воздуха в период генеративного развития сои 2009 году зависимость урожайности в равной степени зависела от количества накопленной биомассы и аттаргирующей способности растений, коэффициенты корреляции были практически одинаковыми $r = 0,566$ и $0,564$ соответственно.

3.3.2 Динамика формирования биомассы по фазам развития

Периодически физиологи и селекционеры в процессе поиска оптимального габитуса растений изучают продуктивность фотосинтеза, скорость накопления сухого вещества, скорость роста растений. В своей работе мы изучили некоторые из показателей, характеризующих изменения, происходящие в растении в период роста и развития и выявили признаки, связанные с урожайностью семян.

Так, установлено, что изучаемые сорта значительно отличались между собой по темпам роста растений (Рисунок 4). Медленнее всех на начальных этапах развития (от всходов до начала цветения) накапливал биомассу сорт Дельта – $2,68 \text{ г/м}^2$ в сутки, быстрее всех сорт Дуар – $3,68 \text{ г/м}^2$ в сутки, остальные сорта росли со скоростью $3,11\text{--}3,46 \text{ г/м}^2$ в сутки.

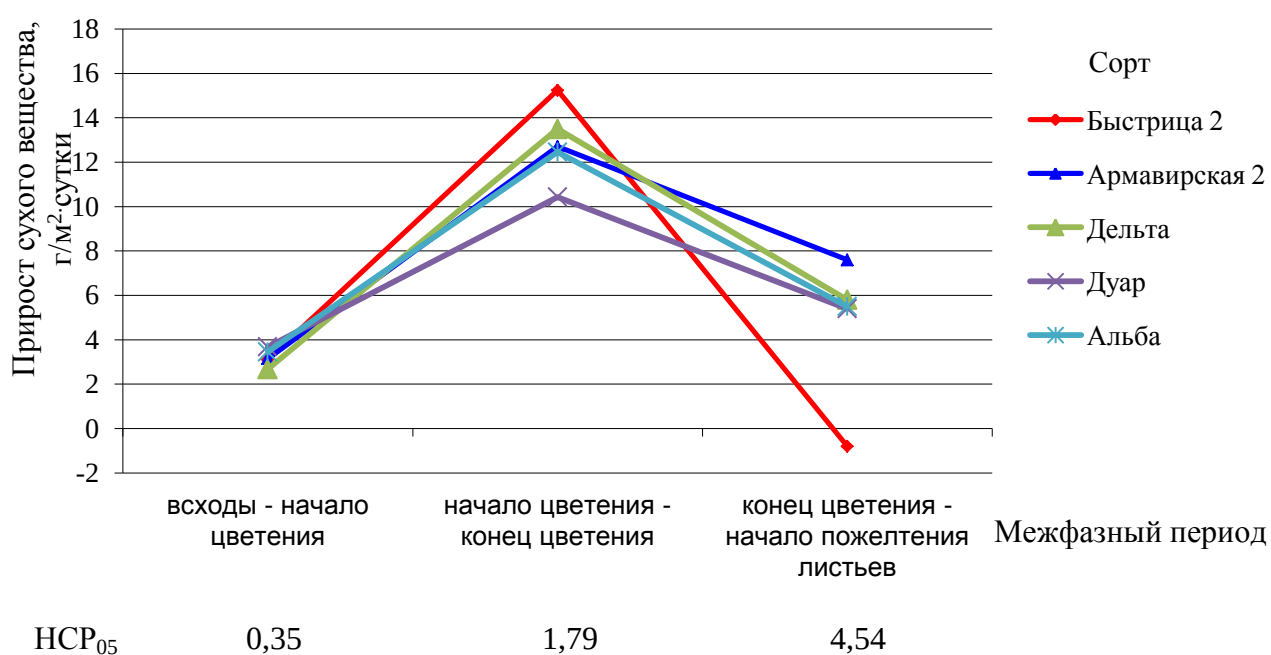


Рисунок 4 – Среднесуточный прирост сухого вещества у растений ранних сортов сои разных лет селекции, $\text{г/м}^2 \cdot \text{сутки}$ (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Такие различия в темпах прироста сухого вещества в сутки привели к тому, что сорт Дельта к началу цветения накопил $82,3 \text{ г/м}^2$ сухого вещества, а сорт Дуар на 66% больше – $136,7 \text{ г/м}^2$. Остальные сорта сформировали массу $115,1\text{--}124,7 \text{ г/м}^2$ (Рисунок 5).

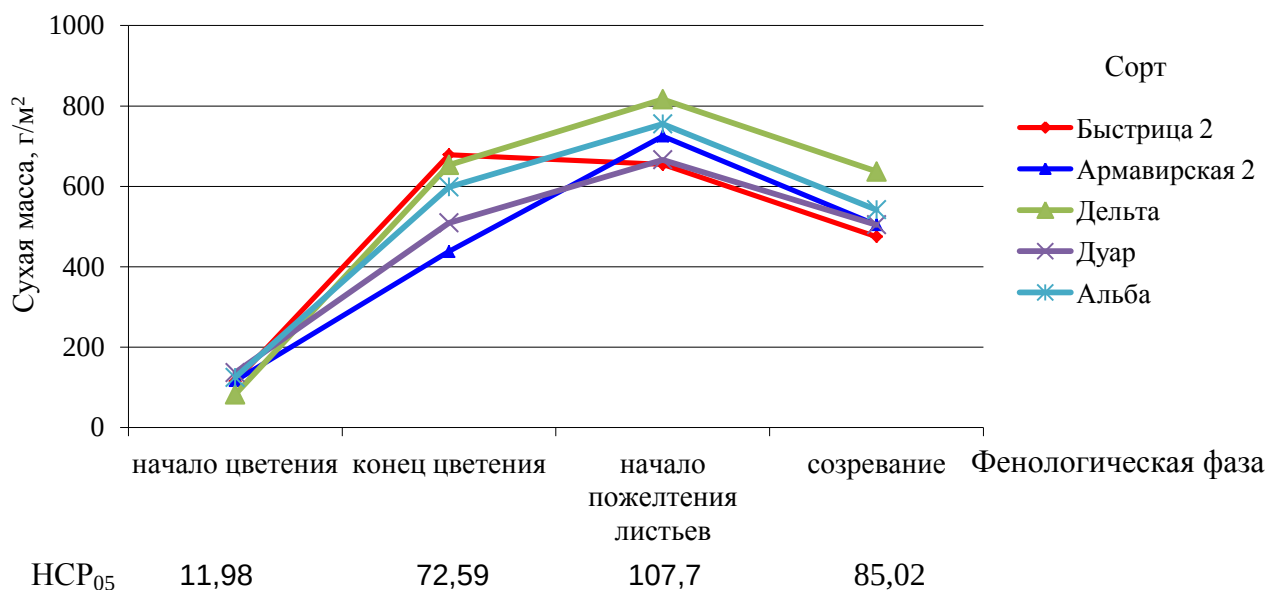


Рисунок 5 – Динамика формирования сухой массы растений у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, г/м² (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Отрицательная корреляционная связь между урожайностью и темпами прироста сухого вещества ($r = -0,821$) и сухой массой растений в начале цветения ($r = -0,823$) в более благоприятном 2009 году свидетельствует о преимуществе сортов, характеризующихся меньшими темпами прироста сухой массы и накапливающих меньшее количество пластических веществ к переходу в генеративную фазу, что позволяет растениям не расходовать зимние запасы влаги на построение излишне большой биомассы в случае засухи и, как и у среднераннеспелых сортов, может быть признаком отбора адаптивных к летним засухам генотипов.

В следующий период (от начала до конца цветения) ранги менялись: сорт Дельта накапливал массу 13,5 г/м² в сутки, сорт Дуар рос медленнее остальных сортов, набирая 10,43 г/м² в сутки. Сорта Альба, Армавирская 2 и Дельта превосходили по этому показателю сорт Дуар, и росли со скоростью прирост массы 12,46–13,50 г/м² в сутки. Выделился сорт Быстрица 2, который рос интенсивнее остальных сортов, набирая массу по 15,24 г/м² в сутки. В среднем у сорта Дельта среднесуточный прирост по сравнению с предыдущим периодом (начало цветения) увеличился в 5 раз, а у сорта Дуар всего в 2,8 раза, у сорта

Быстрица 2 и Дельта – в 4,9 раза. В итоге наибольшая сухая надземная масса была сформирована у сортов Быстрица 2 ($678,8 \text{ г/м}^2$) и Дельта ($653,2 \text{ г/м}^2$), наименьшая у сорта Армавирская 2 ($437,8 \text{ г/м}^2$). Сорт Дуар накопил сухого вещества на 16,3 % больше сорта Армавирская 2 – $509,2 \text{ г/м}^2$, сорт Альба занял практически среднее положение со значением $598,1 \text{ г/м}^2$, существенно уступая сорту Быстрица 2, но превосходя Дуар и Армавирская 2 по этому показателю.

Следует отметить разную реакцию сортов на улучшение условий увлажнения. Средняя масса растений пяти сортов в острозасушливом 2007 г. составила $468,4 \text{ г/м}^2$, в более благоприятном 2009 г. – $603,1 \text{ г/м}^2$, т.е. увеличилась на 28,7 %. При этом сорта Быстрица 2, Дельта и Альба накапливали на 33–36 % больше сухого вещества, а сорт Армавирская 2 – на 54 %. В этих же условиях сорт Дуар накопил массу даже на 5 % меньше, чем в 2007 г., что может свидетельствовать о его ограниченной пластичности и сниженной эффективности использования благоприятных условий для формирования вегетативной массы.

К началу пожелтения листьев ранжирование сортов снова изменилось. При общей тенденции уменьшения скорости роста растений, сорт Армавирская 2 накапливал $7,6 \text{ г/м}^2$ в сутки у сортов Дельта, Дуар и Альба выявлено примерно одинаковое накопление сухого вещества в $5,4\text{--}5,8 \text{ г/м}^2$ в сутки, и только у сорта Быстрица 2 в ответ на засушливые условия к началу пожелтения листьев уменьшилась масса растений относительно конца цветения. Это может быть у следствием преждевременного опадания листьев в засушливых условиях.

Корреляционная зависимость урожайности от скорости роста в этот период (начало пожелтения листьев) оказалась достаточно высокой ($r = 0,647$). Также отмечена и положительная зависимость урожайности семян от сухой массы растений в эту фазу ($r = 0,610$). Подтверждением этому является самая низкая урожайность сорта Быстрица 2 в опытах.

Если более детально рассмотреть, как проходило накопление сухого вещества вегетативной и генеративной частями растений, то в конце цветения, когда масса бобов в общей массе растений незначительная, динамика накопления вегетативными органами полностью повторяет динамику накопления сухого

вещества растениями, а к началу пожелтения листьев сорта меняются рангами (Рисунок 6). И хотя отличия между сортами незначительны, максимальная вегетативная масса отмечена у сортов Армавирская 2 (452,9 г/м²) и Дельта (441,9 г/м²), а наименьшая у сортов Быстрица 2 (386,0 г/м²) и Дуар (407,2 г/м²). При этом определена положительная связь между сухой массой вегетативных органов в начале пожелтения листьев и урожайностью ($r = 0,507$).

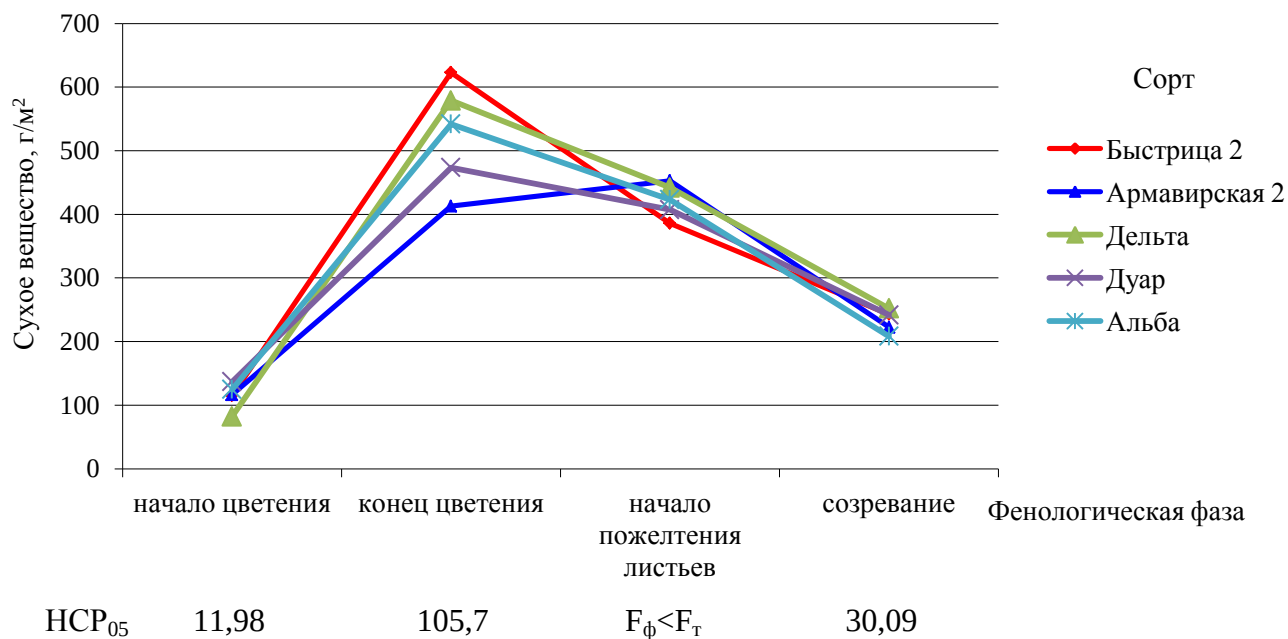


Рисунок 6 – Динамика накопления сухого вещества вегетативными органами растений раннеспелых сортов сои разных лет селекции в онтогенезе, г/м² (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Обращает на себя внимание динамика накопления сухой массы вегетативной частью растений у сорта Армавирская 2. В то время как все 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.

На рисунке 6 видно, что к фазе начала пожелтения листьев уменьшение вегетативной массы у четырех сортов составляло от 66 до 237 г, в то время как растения сорта Армавирская 2, наоборот, увеличили свою массу на 40 г, или на 9 %.

Анализ отдельных вегетативных органов (листьев и стеблей с рахисами) позволил определить, что к началу пожелтения листьев у всех сортов уменьшалась сухая масса листьев, в том числе за счет их опадения (Рисунок 7). Уменьшалась и сухая масса стеблей с рахисами у трех сортов, у сортов Дуар и Армавирская 2 масса стеблей с рахисами, напротив, увеличилась. У Дуара незначительно – на 5%, а у сорта Армавирская 2 – на 38 % (Рисунок 8).

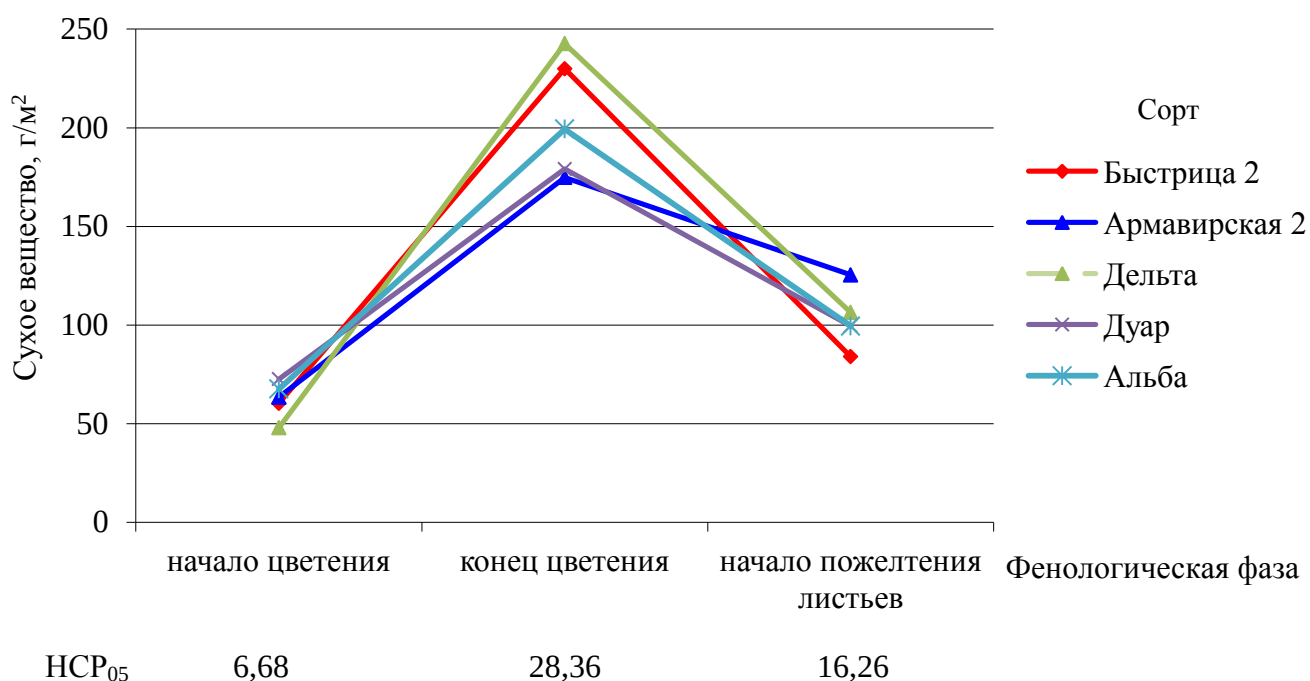


Рисунок 7 – Динамика накопления сухого вещества в листьях растений у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, г/м² (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Анализ динамики накопления сухой массы листьев и стеблей в фазе созревания показал, что все сорта уменьшили свои показатели в связи с опадением листьев и потерей влаги и не значительно отличались между собой. Сухая масса стеблей была выше у сорта Дельта, достоверно превышая вес стеблей сорта Альба.

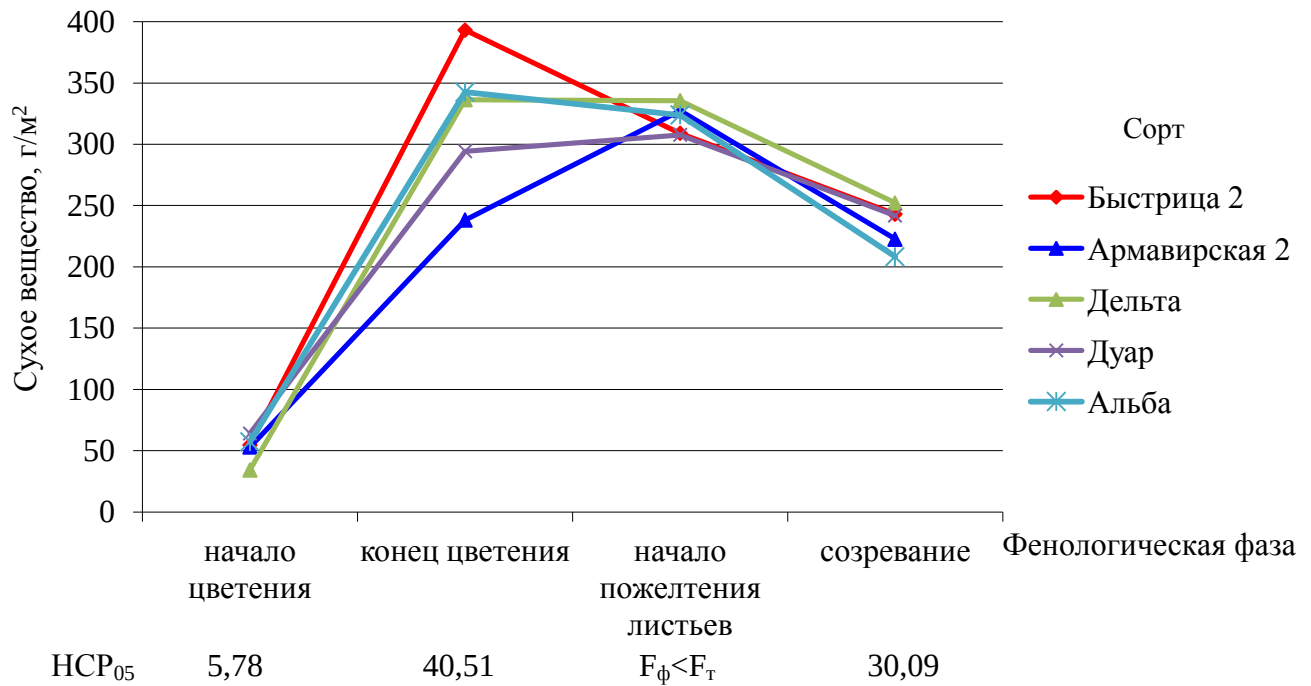


Рисунок 8 – Динамика накопления сухого вещества в стеблях и рахисах растений у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, г/м² (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о существенных различиях между сортами по темпам прироста и распределению сухого веществ в органах растений в течение вегетационного периода. Установлено, что умеренные темпы роста вегетативной массы на раннем этапе развития растений и интенсивное наращивание 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 образование генеративных органов.

3.3.3 Формирование фотосинтетического аппарата

Максимально полное использование климатических и почвенных ресурсов в агроценозах сои обеспечивается наличием сбалансированной и пространственно-ориентированной фотосинтезирующей поверхностью, в первую очередь – листовым аппаратом [125; 178; 191]. В связи с этим в рамках

проведенного исследования была проанализирована динамика развития листовой поверхности, а также ее влияние на итоговую продуктивность растений.

3.3.3.1 Листовая поверхность

Как отмечают различные авторы, занимающиеся изучением сои [96; 121; 249], площадь листьев определяется уровнем влагообеспеченности вегетационного периода. Установлено, что дефицит влаги приводит к образованию сравнительно малой листовой поверхности, тогда как при благоприятной влагообеспеченности происходит резкое увеличение площади ассимиляционного аппарата. Аналогичные тенденции мы наблюдали при изучении среднераннеспелых сортов, когда площадь листьев изменялась от 3,18 до 5,10 м²/м² [161]. Изучение раннеспелых сортов подтвердило эту тенденцию. В 2007 году, характеризующимся большим дефицитом влаги, к концу цветения сорта в среднем сформировали 3,46 м²/м² фотосинтетического аппарата, а в более благоприятные 2009 и 2012 гг. 4,76 и 5,05 м²/м² соответственно (Таблица 19).

Таблица 19 – Площадь листьев у раннеспелых сортов сои разных лет селекции к концу цветения, м²/м²

Сорт	2007 г.	2009 г.	2012 г.	В среднем за 3 года
Быстрица 2	3,62	4,88	4,83	4,44
Армавирская 2	2,59	4,52	4,56	3,89
Дельта	4,04	5,79	5,44	5,09
Дуар	3,92	3,98	4,97	4,29
Альба	3,15	4,65	5,44	4,41
Среднее за год	3,46	4,76	5,05	4,42
НСР ₀₅ (сорт)	0,92	0,89	$F_{\phi} < F_T$	0,61
НСР ₀₅ (год)	0,47			-

Площадь листьев к началу цветения в среднем по годам отличалась незначительно: 1,51–1,67 м²/м², при этом различия между сортами были существенными (Таблица 20). Так, в 2007 г. больше остальных сортов площадь листьев формировал сорт Дуар, более 2 м²/м², в 2009 г. максимум показателя

продемонстрировали Дуар и Армавирская 2 (2,04 и 1,81 м²/м² соответственно), а в 2012 г. на одном максимальном уровне с сортом Дуар площадь листьев сформировали сорта Альба и Армавирская 2 – 2,02 и 1,79 м²/м² соответственно. Меньше остальных сортов площадь листьев была у сорта Дельта во все годы исследований.

Таблица 20 – Площадь листьев у раннеспелых сортов сои разных лет селекции к началу цветения, м²/м²

Сорт	2007 г.	2009 г.	2012 г.	В среднем за 3 года
Быстрица 2	1,38	1,57	1,43	1,46
Армавирская 2	1,16	1,81	1,79	1,59
Дельта	1,13	1,14	1,14	1,14
Дуар	2,32	2,04	1,96	2,11
Альба	1,56	1,49	2,02	1,69
Среднее за год	1,51	1,61	1,67	1,60
НСР ₀₅ (сорт)	0,53	0,33	0,55	0,25
НСР ₀₅ (год)	$F_{\phi} < F_{\tau}$			-

Изучаемые сорта по-разному реагировали на улучшение условий влагообеспеченности на начальных этапах развития. В более благоприятных условиях 2009 года, когда сумма осадков за май–июнь составила 149,5 мм против 55,4 мм в 2007 г., и 89,1 мм в 2012 г., площадь листьев относительно 2007 г., у сорта Армавирская 2 увеличилась на 56,0 %, в то время как у сортов Дуар и Альба уменьшилась соответственно на 12,1 и 4,5 %. Сорт Дельта не реагировал на изменение условий влагообеспечения, а сорт Быстрица 2 увеличивал площадь листьев на 13,8 в 2009 и 3,6 % в 2012 гг.

Выраженные различия в площади листовой поверхности между сортами обусловлены тесной корреляционной зависимостью данного показателя с продолжительностью периода от всходов до начала фазы цветения ($r = 0,754$) (Рисунок 9).

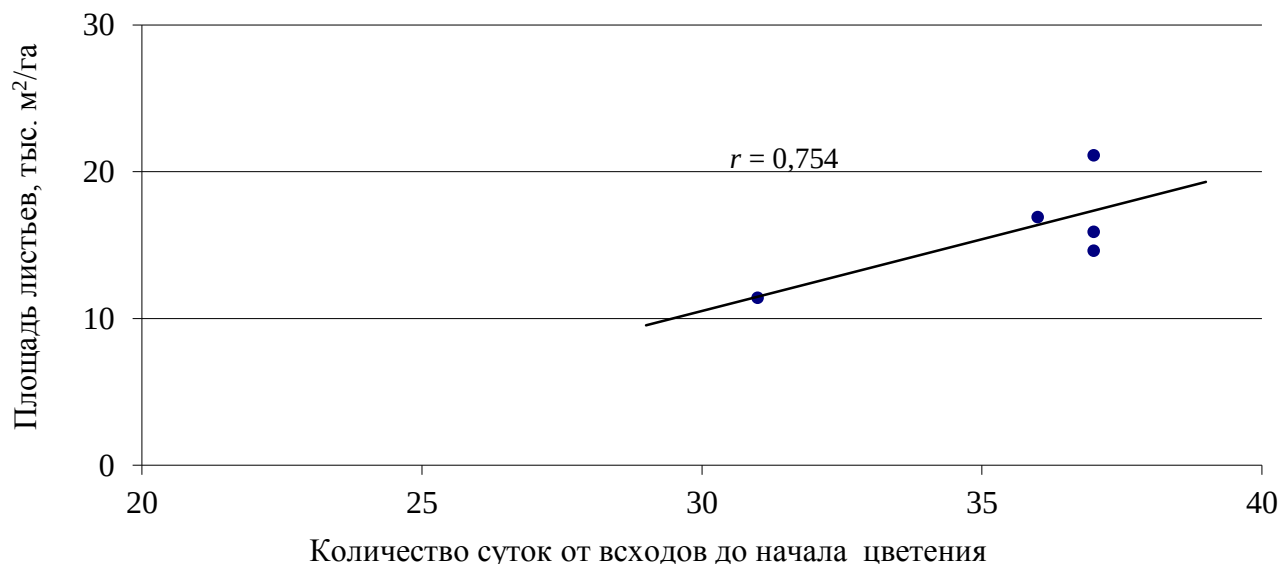


Рисунок 9 – Зависимость площади листьев от продолжительности межфазного периода всходы – начало цветения у раннеспелых сортов сои, тыс. м²/га (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

В то же время формирование листьев является одним из факторов, влияющих на урожайность. Особенно тесно эта связь прослеживается в годы с достаточным увлажнением в начале вегетации сои. Сорта с максимальной урожайностью формируют меньшую ассимилирующую поверхность ($r = -0,602$), в годы с дефицитом или недостатком осадков эта зависимость не прослеживается, так как влага находится в дефиците ($r = 0,168; 0,315$).

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности отбора генотипов с низкой площадью листьев в начале цветения, особенно заметно отличия проявляются в годы с достаточным количеством осадков в начале вегетации растений.

Наибольшая площадь листьев в годы изучения была выявлена в конце цветения, так как в дальнейшем идет старение и опадение листьев (Рисунок 10). При этом влияние на индекс листовой поверхности оказывают как генотипы, так и условия влагообеспеченности вегетационного периода сои. Так, сумма осадков за июль составила в 2007 г. всего 4,1 мм, в 2009 г. – 80,4 мм, в 2012 г. – 83,4 мм.

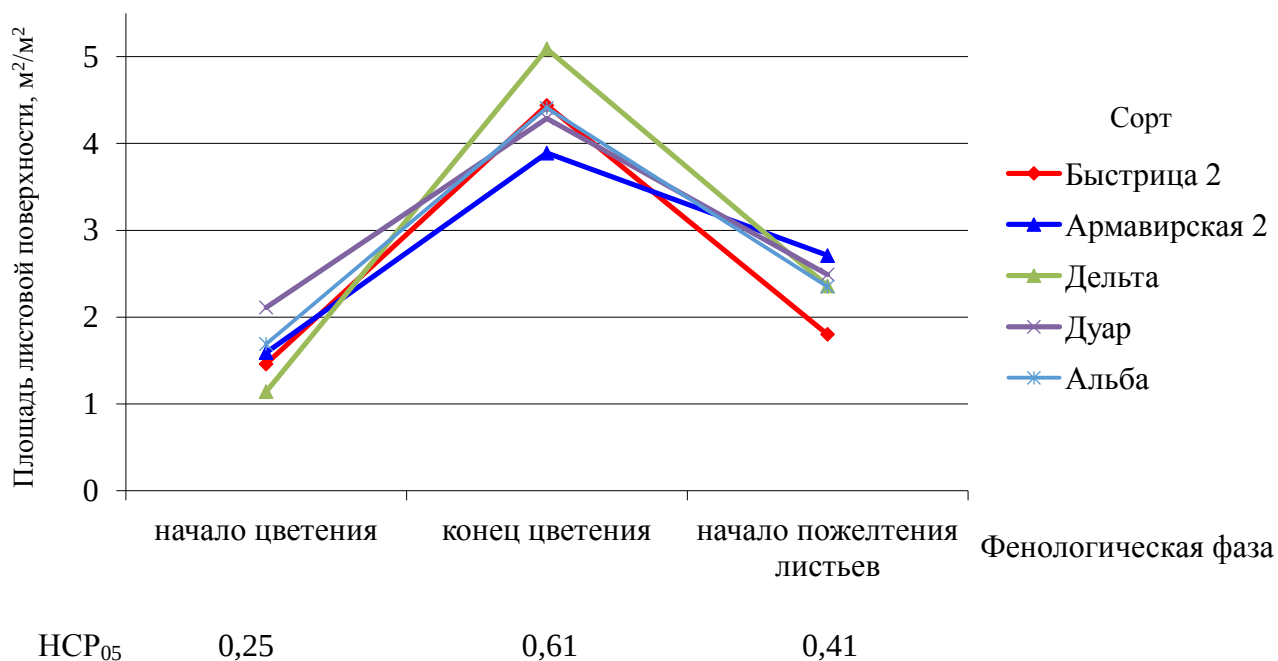


Рисунок 10 – Динамика формирования площади листовой поверхности у раннеспелых сортов сои, м²/м² (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

В среднем за три года максимальную площадь листьев формировал сорт Дельта (5,09 м²/м²), все остальные сорта формировали достоверно меньшую ассимиляционную поверхность (3,89–4,44 м²/м²) (Таблица 19).

Изучение этого показателя по годам демонстрирует иную тенденцию реакции сортов на улучшение условий влагообеспеченности. Так, сорт Армавирская 2 повторил закономерность, отмеченную до цветения, и увеличивал листовую поверхность в течение цветения в 2009 и 2012 гг. на 75–76 %. Значительный рост площади листьев демонстрировал сорт Альба в 2009 и 2012 гг. (прирост 48 и 73 % соответственно). Несколько меньше площадь листьев увеличил сорт Дельта – на 43 % в 2009 г. и на 35 % в 2012 г. И только сорт Дуар меньше остальных сортов реагировал на большее количество выпавших осадков: на 2 и 27 % соответственно.

Отмечено наличие средней положительной корреляции площади листьев в конце цветения с урожайностью в 2012 г. ($r = 0,677$), в два других года коэффициент корреляции составил -0,089 и 0,410. При этом связь с продуктивностью семяобразования составила $r = 0,306–0,631$ на фоне положительной связи этого показателя с урожайностью семян ($r = 0,557–0,638$) во

все годы исследований, что свидетельствует о преимуществе сортов, способных к большому накоплению пластических веществ в листьях к концу цветения для дальнейшего их перераспределения в генеративные органы.

После цветения к началу пожелтения листьев площадь ассимиляционной поверхности у всех сортов во все годы исследований уменьшалась. В 2007 г. отмечено бóльшее снижение листового аппарата от конца цветения до начала пожелтения листьев (Таблица 21). По всей видимости это обусловлено сильными засушливыми условиями и уменьшением испаряющей поверхности растений. Коэффициент корреляции площади листьев в эту фазу с урожайностью составил – 0,628. Сильнее всех реагировали таким образом последние созданные сорта (Дельта, Дуар и Альба). Меньше всех листовую массу сбросил сорт Армавирская 2. В 2009 году уменьшение площади листьев было гораздо менее выражено у всех сортов, кроме сорта Быстрица 2. В этом году связь площади листьев с урожайностью была, напротив, положительной с $r = 0,697$. В 2012 г. больше всех сбрасывали листья Быстрица 2 и Армавирская 2, что не позволяло эффективно переходить пластическим веществам из вегетативных в генеративные органы. Как и в 2009 году, коэффициент корреляции был положительно высоким и составившим 0,647.

Таблица 21 – Площадь листьев у раннеспелых сортов сои разных лет селекции к началу пожелтения листьев, м²/м²

Сорт	2007 г.	2009 г.	2012 г.	В среднем за 3 года
Быстрица 2	1,33	2,27	1,33	1,64
Армавирская 2	1,78	3,39	2,98	2,72
Дельта	0,85	3,84	2,37	2,35
Дуар	0,75	3,29	3,44	2,49
Альба	0,72	3,43	2,89	2,35
Среднее за год	1,09	3,24	2,60	2,31
НСР ₀₅ (сорт)	0,30	0,90	0,99	0,41
НСР ₀₅ В (год)	0,32			-

Таким образом, можно отметить положительную реакцию высокопродуктивных сортов в условиях засухи сбрасывать листовой аппарат для

уменьшения испарения воды, а в более благоприятные годы – сохранять максимальную транспирационную поверхность до начала ее физиологического старения для сохранения накопленных ассимилятов и работы их для формирования генеративных органов.

Исучаемые сорта отличались не только по индексу листовой поверхности, но и по темпам ее роста. Ранги у сортов менялись, как и по накоплению сухой биомассы. Сорта Дельта и Быстрица 2 демонстрировали наименьшую скорость роста до начала цветения – 37,1–39,5 м²/га в сутки, а к концу цветения самая высокая скорость роста ассимиляционной поверхности была у сортов Дельта и Армавирская 2 – 93,4 и 91,0 м²/га в сутки соответственно (Рисунок 11). Сорт Альба занимал промежуточные значения в оба периода, а сорт Дуар почти не менял скорость роста листьев: 56,4 м²/га в сутки к началу цветения и 61,2 м²/га в сутки к концу цветения.

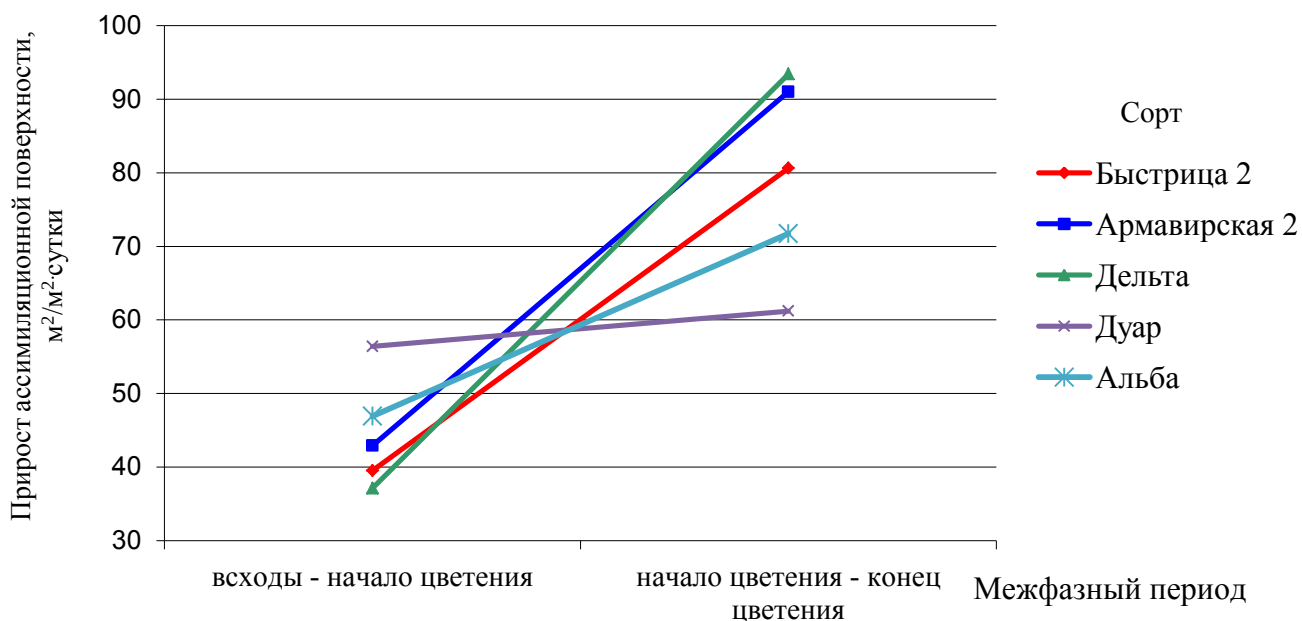


Рисунок 11 – Среднесуточный прирост ассимиляционной поверхности у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, м²/м²·сутки (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Интенсивный рост листовой поверхности в период цветения может быть обусловлен необходимостью достижения определенных размеров для обеспечения высокой урожайности. В Таблице 22 представлены данные о

коэффициенте продуктивности листьев в разные годы. Так, на формирование одной тонны семян в 2007 г. требовалось в среднем по сортам 47,0 тыс. м² листовой поверхности, что свидетельствует о неэффективном использовании ассимиляционной поверхности. В более благоприятных условиях 2009 г. листья работали более продуктивно – 16,8 тыс. м²/т. Показатели урожайности семян в 2012 г. занимали среднее значение, и коэффициент продуктивности листьев составил 28,4 тыс. м²/т.

Таблица 22 – Коэффициент продуктивности листьев у раннеспелых сортов сои разных лет селекции в конце цветения, тыс. м²/т

Сорт	2007 г.	2009 г.	2012 г.	В среднем за 3 года
Быстрица 2	82,3	18,4	39,9	46,9
Армавирская 2	35,5	16,6	25,1	25,7
Дельта	45,4	19,4	26,4	30,4
Дуар	46,5	14,4	28,1	29,7
Альба	25,4	15,1	22,8	21,1
Среднее за год	47,0	16,8	28,5	30,8

Таким образом, как нами было установлено ранее [161], 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 ($r = -0,863$). Сорт Альба, показавшему самую высокую урожайность в опыте, на формирование тонны семян требуется минимальное количество 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.

Учитывая положительную связь между продуктивностью листьев в начале и конце цветения в среднем за три года проведения опытов ($r = 0,686$), встал вопрос, о возможности отбирать потенциально высокоурожайные генотипы по этому показателю на более ранних этапах онтогенеза. Коэффициент корреляции

между продуктивностью листьев и урожайностью семян практически не отличался по годам. Так в острозасушливом 2007 г. он составлял $r = -0,726$, в относительно благоприятном 2009 г. $r = -0,744$, в промежуточном по условиям увлажнения 2012 г. $r = -0,701$.

В целом результаты исследований показывают, что сорта сои, отличающиеся рациональным расходом запасов влаги и сдержанными темпами роста листовой поверхности, имеют более высокий потенциал урожайности семян. Таким образом, показатель «продуктивность листьев в начале цветения» может быть критерием отбора высокоурожайных раннеспелых сортов в различных селекционных питомниках.

3.3.3.2 Удельная поверхностная плотность листьев

Физиологами, изучающими горох, было установлено, что в результате длительного искусственного отбора на высокую семенную продуктивность фотоассимиляционная поверхность листьев, содержание хлорофилла и продолжительность их функционирования уменьшились на 30–40 %, но при этом на такую же величину соответственно повысились удельная поверхностная плотность листа (УПП), чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и фотовосстановительная активность изолированных хлоропластов (ФВАХ). Выявлена четко выраженная причинно-следственная связь, что чем меньше листовая поверхность, тем плотнее и толще листовые пластинки и прилистники ($r = 0,98$), за счет развития клеток губчатой паренхимы ($r = 0,94$), тем активнее они фотосинтезируют ($r = 0,70$) и эффективнее обеспечивают семена фотоассимилятами [4; 5]. Нами при изучении среднераннеспелых сортов сои также было установлено увеличение удельной поверхностной плотности (УПП) листьев у современных сортов на фоне снижения листовой поверхности [161]. Учитывая незначительные отличия раннеспелых сортов по максимальной площади листовой поверхности, было важгременно узнать, изменилась ли при этом толщина листовых пластинок.

Сравнение изучаемых сортов, созданных в разные годы, по удельной поверхностной плотности листа показала, что в фазу начало цветения максимальный показатель отмечен у сорта Дельта ($42,4 \text{ г/м}^2$), а минимальный у сорта Дуар ($34,6 \text{ г/м}^2$) (Рисунок 12). Сорт Дуар во всех фазах отличался наименьшим показателем удельной поверхностной плотности листа. Достоверно уступали низкоурожайному сорту Быстрица 2 в конце цветения все остальные изучаемые сорта. В начале пожелтения листьев преимущество показали сорта Дельта, Армавирская 2 и Быстрица 2.

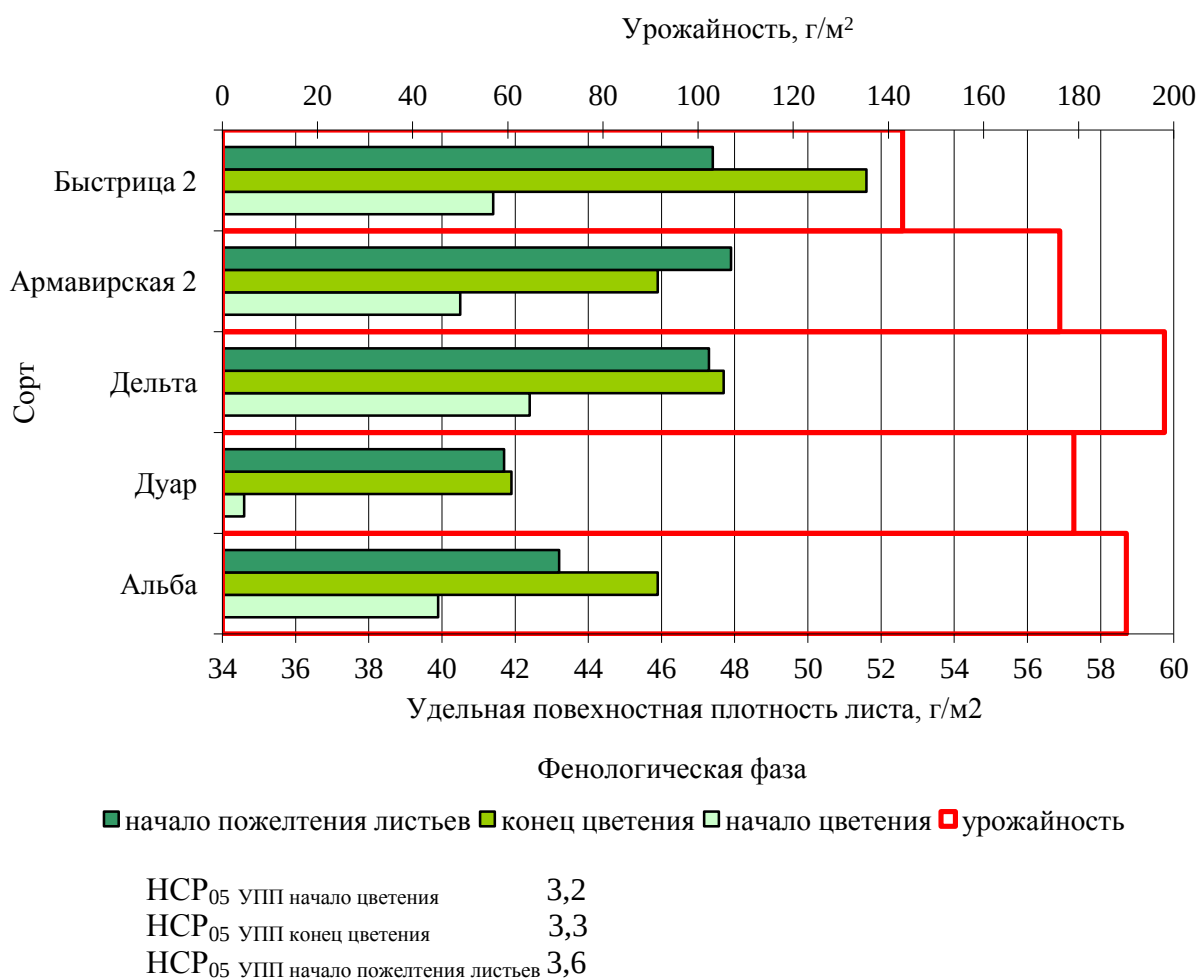


Рисунок 12 – Изменение удельной поверхностной плотности листа у раннеспелых сортов сои в онтогенезе, г/м^2 (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Таким образом, четкой закономерности, которая была нами установлена ранее на среднеспелых сортах [162], в группе раннеспелых сортов не подтвердилось. Коэффициенты корреляции между этими признаками в фазу конец цветения изменялись по годам от $-0,674$ до $0,099$, а в фазу начало

пожелтения листьев – $r = -0,567-0,123$. Отрицательная связь объясняется тем, что уже в эти фазы развития происходит интенсивный отток ассимилятов из вегетативных органов в генеративные и они не успевают накопиться в фотосинтетическом аппарате растений [238].

Ранее Т.А. Васильева и А.Б. Дьяков отмечали отрицательную взаимосвязь между площадью листовой поверхности и удельной поверхностной плотностью листьев на разных сортах сои и при разных погодных условиях на юге России [59]. При этом авторы сделали заключение о том, что с уменьшением индекса площади листьев посевов разных генотипов сои возрастает отношение массы семян к площади листьев в такой степени, что урожаи семян с гектара в среднем не изменяются и такая компенсация позволяет вести селекцию сои на уменьшение транспирирующей поверхности без снижения потенциала урожайности [59].

3.3.4 Динамика формирования генеративных органов по фазам развития растений

В процессе роста и развития растений меняются основные акцептирующие органы. Так, в начале вегетации основные потребители формирующихся пластических веществ являются стебли, листья и корни растений. При появлении генеративных органов главными потребителями продуктов фотосинтеза должны становиться они. Однако, у сои довольно продолжительная часть развития растений попадает на одновременный рост вегетативных и генеративных органов, поэтому акцепторами могут быть как одни, так и другие [17]. Важным свойством растений в этом случае является переключение оттока пластических веществ в генеративные органы, от чего зависит конечная урожайность семян. Поэтому накопление высокой биомассы не является гарантией получения большого урожая семян.

Была проведена оценка обеспеченности бобов пластическими веществами на различных этапах роста и развития растений (Таблица 23).

Таблица 23 – Количество сухого вещества вегетативной части растения, приходящегося на 1 г бобов по фенологическим фазам, г (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Сорт	Конец цветения	Начало пожелтения листьев	Созревание
Быстрица 2	11,2	1,39	1,05
Армавирская 2	16,6	1,67	0,79
Дельта	7,8	1,17	0,66
Дуар	13,2	1,57	0,92
Альба	9,6	1,27	0,79

Выявлено, что к концу цветения наименьшая обеспеченность бобов пластическими веществами была у самых технологичных и высокоурожайных сортов Дельта и Альба. На 1 грамм бобов у них приходилось от 7,8 до 9,6 г сухого вещества стеблей и листьев, в то время как для остальных сортов этот показатель был 11,2–16,6 г. Корреляционная связь между количеством сухого вещества, приходящегося на 1 грамм бобов в эту фазу, и массой стеблей в конце цветения составила $r = -0,744$, а между первым показателем и продолжительностью цветения $r = -0,961$. Эти закономерности демонстрируют преимущества по урожайности семян тех сортов, у которых более длительное цветение и высокая масса стеблей в конце цветения.

К началу пожелтения листьев количество сухого вещества вегетативных органов, приходящихся на 1 грамм бобов, уменьшилось по сравнению с концом цветения в 7–10 раз, но ранги сортов полностью сохранились. В эту фазу на 1 грамм бобов приходилось от 1,17 до 1,67 грамм сухого вещества вегетативной части растений. Бобы у современных сортов оказались более сильными акцепторами и смогли после цветения направить большее количество пластических веществ в генеративные органы. Остальные сорта имели большее количество сухого вещества для обеспечения бобов, продуктами фотосинтеза.

На конечную урожайность семян более значимым было перераспределения оставшихся пластических веществ после опадения листьев. Коэффициент корреляции между урожайностью и количеством сухого вещества вегетативных органов, приходящихся на 1 г бобов составил $r = -0,742$.

Увеличение доли бобов у всех генотипов закономерно происходило за счет уменьшения доли листьев и стеблей. При этом у сортов Дуар и Альба больше уменьшилась доля стеблей, чем листьев, а у остальных трех сортов наоборот (Таблица 24). Отмечена высокая отрицательная корреляция между конечной урожайностью семян и долей стеблей в фазу начало пожелтения листьев ($r = -0,695$), и, напротив, высокая положительная с долей бобов в эту фазу ($r = 0,623$). С листовыми пластинами связь недостоверная ($r = -0,203$). Таким образом, главным донором пластических веществ к физиологическому старению листьев является стебель и важно, чтобы генеративные органы эффективно использовали запасные питательные вещества.

Таблица 24 – Распределение сухой массы вегетативных органов растений у раннеспелых сортов сои разных лет селекции в онтогенезе (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Сорт	Доля в общей сухой массе растения, %					
	конец цветения			начало пожелтения листьев		
	стебля с рахисами листьев	листовых пластинок	бобов	стебля с рахисами листьев	листовых пластинок	бобов
Быстрица 2	58	34	8	44	18	38
Армавирская 2	54	40	6	42	24	34
Дельта	52	37	11	38	20	43
Дуар	58	35	7	43	21	36
Альба	57	33	10	41	18	42

Изучаемые сорта по-разному реагировали на засушливые условия. Так, в период от конца цветения до созревания в острозасушливом 2007 году у сортов Быстрица 2 и Дуар отмечена высокая абортивность бобов, причем у сорта Быстрица 2 было сброшено 52 % от всей накопленной массы генеративных органов к началу пожелтения листьев (Рисунок 13). У сорта Дуар абортировано было 12 % бобов. У других сортов, напротив, продолжался рост бобов. Больше остальных (на 30 %) выросла масса бобов у сорта Альба.

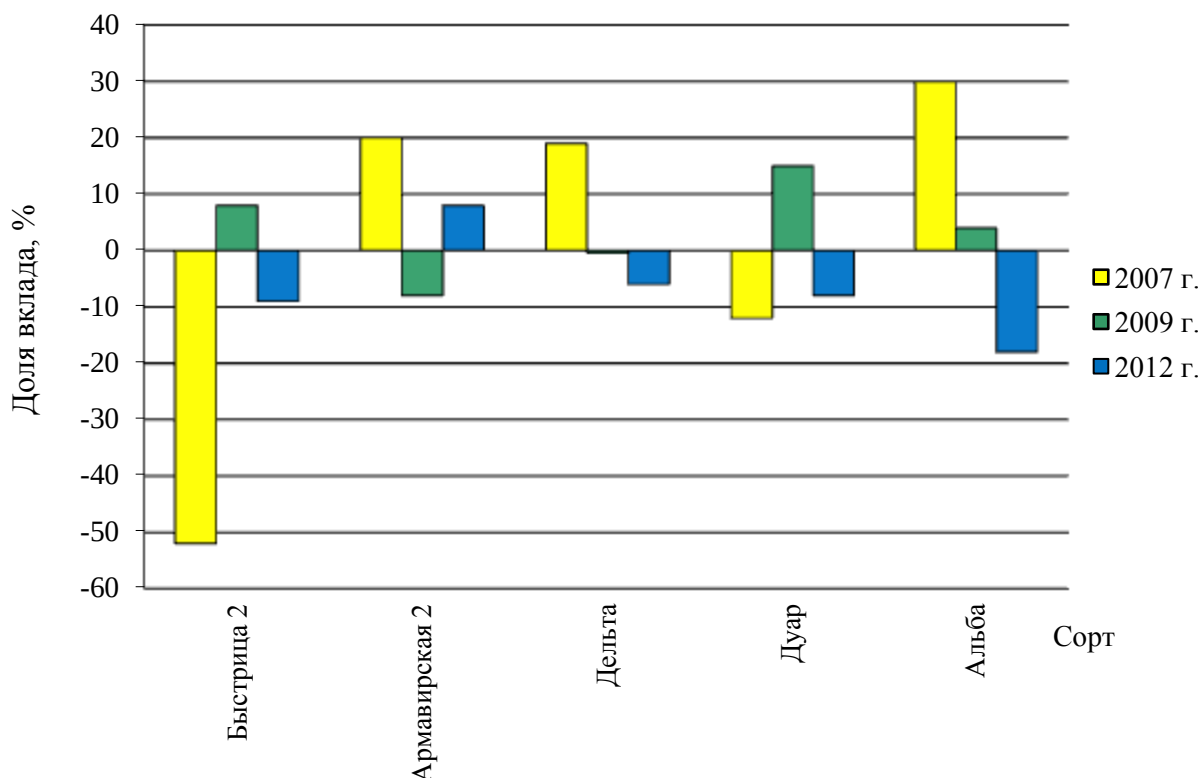


Рисунок 13 – Доля вклада сухого вещества, накопленного в период начало пожелтения листьев – созревание, в урожай раннеспелых сортов сои в разные по водообеспеченности годы, %

В более благоприятном по влагообеспеченности период май–июль 2009 года, масса бобов уменьшилась у сорта Армавирская 2 на 8 %, у сорта Дельта количество генеративных органов не изменилось, а у сортов Быстрица 2, Дуар и Альба масса бобов выросла на 8, 15 и 4 % соответственно.

В 2012 году реакция генотипов на засуху была иной. Единственным сортом, который продолжил накопление массы бобов, оказался сорт Армавирская 2, прибавка составила 8 %, у остальных сортов абортивность отмечена от 6 до 18 %.

Таким образом, реакция 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.

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 приходился на семена (Рисунок 14). У остальных менее продуктивных сортов на долю стеблей приходилось 44–51 %, створок 17–21 % и на семена 32–35 %.

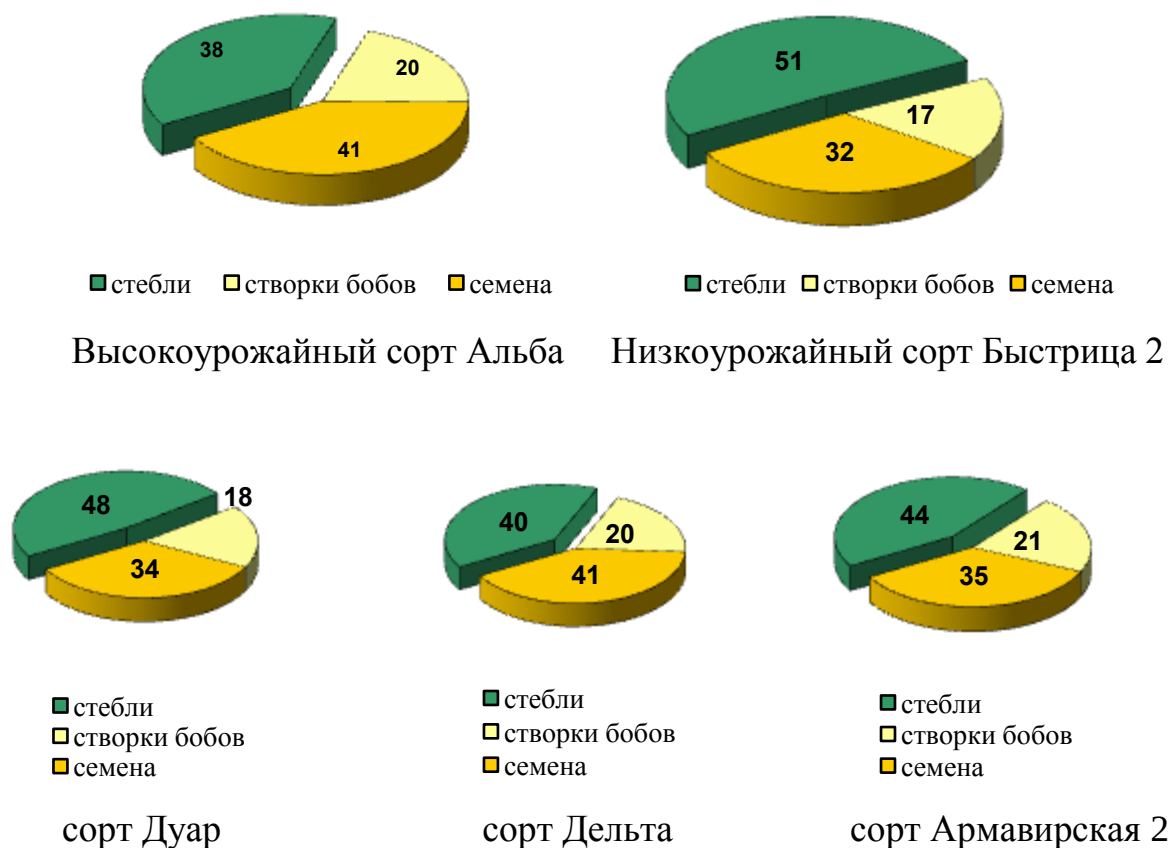


Рисунок 14 – Доля отдельных органов в сухой биомассе растений у раннеспелых сортов сои, % (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Как следствие, у первых двух сортов (Альба и Дельта) масса генеративных органов была выше, чем у остальных трех менее продуктивных сортов (Рисунок 15).

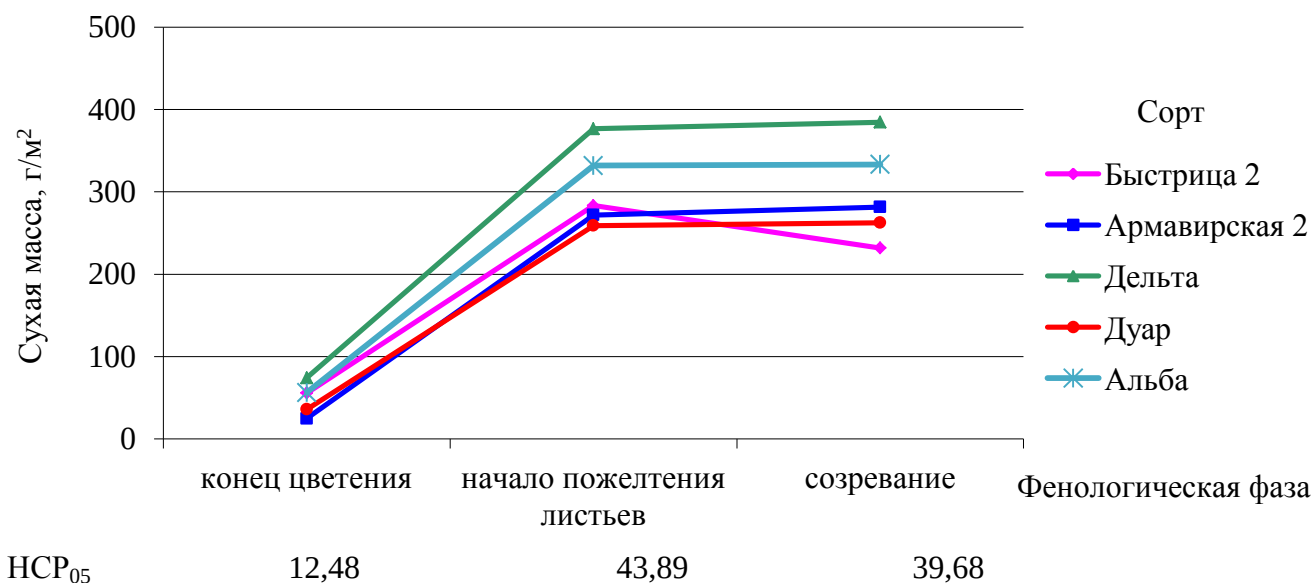


Рисунок 15 – Динамика формирования сухой массы генеративных органов у раннеспелых сортов сои в онтогенезе, г/м² (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Таким образом, установлено, что конечная масса семян у раннеспелых сортов сои зависит не только от количества пластических веществ, накопленных ценозом за вегетацию, но и их распределением в результате роста и развития растений между вегетативными и генеративными органами.

Перераспределение пластических веществ имеет важное значение и в пределах генеративных органов, то есть между створками бобов и семенами. Несмотря на то, что доля створок 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 было отмечено у сортов Альба и Дуар – 32 %, несколько больше она была у сорта Дельта – 33 % (Рисунок 16). У сортов Быстрица 2 и Армавирская 2 более трети массы бобов приходилось на створки – 38 и 37 % соответственно.

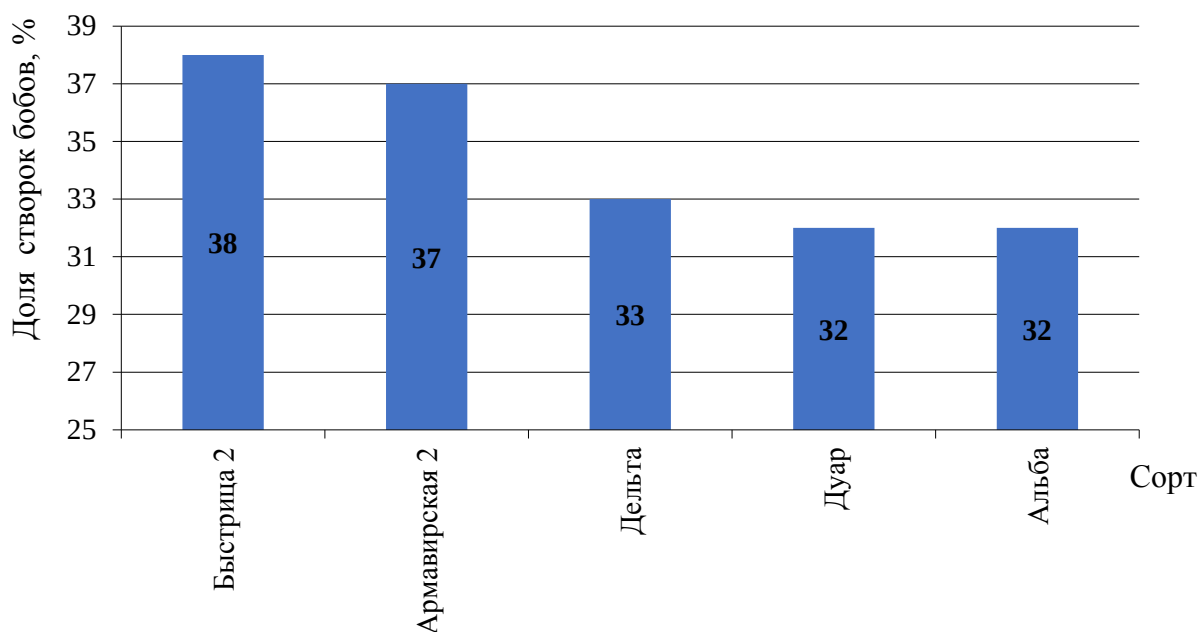


Рисунок 16 – Доля створок бобов в генеративной части растения у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, % (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Самой стабильной по годам доля створок бобов была у сорта Альба. Так, в острозасушливом 2007 году этот показатель равнялся 36 %, а в два других года – 30 %

(Таблица 25). У сорта Дуар доля створок изменялась от 29 до 38 %, у Дельты от 29 до 39 %. Самой большой изменчивостью характеризовались сорта Армавирская 2 – 32–46 % и Быстрица 2 – 30–46 %. У сортов Быстрица 2 и Армавирская 2 доля створок в общей массе бобов составляла почти половину в 2007 году. Это объясняется высокой абортивностью семязачатков, подтверждением чему является коэффициент корреляции между долей створок в бобах и продуктивностью семяобразования (процентное отношение числа выполненных семян к числу семязачатков в бобах) $r = -0,750$.

Таблица 25 – Доля створок бобов в генеративной части растения у раннеспелых сортов сои разных лет селекции (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Сорт	Доля створок в бобах, %
Быстрица 2	37,6±7,4
Армавирская 2	37,1±6,8
Дельта	32,9±5,1
Дуар	31,8±4,6
Альба	32,3±3,2

Таким образом, сорта, которые эффективно расходуют пластические вещества и перераспределяют их в большей степени в генеративные органы, а в их пределах в семена, формируют и более высокий урожай семян.

3.3.5 Распределение урожая семян по ярусам растения

В связи с тем, что ранее нами было выявлено преимущество по урожайности среднераннеспелых сортов сои, формирующих около трети бобов в нижнем ярусе, 36–40 % в средней и как можно меньше в верхней части растений [240], было важно определить, есть ли связь этих показателей у сортов, относящихся к раннеспелой группе спелости.

Полученные данные свидетельствуют, что распределение бобов на растении сильно отличалось между сортами (Рисунок 17).

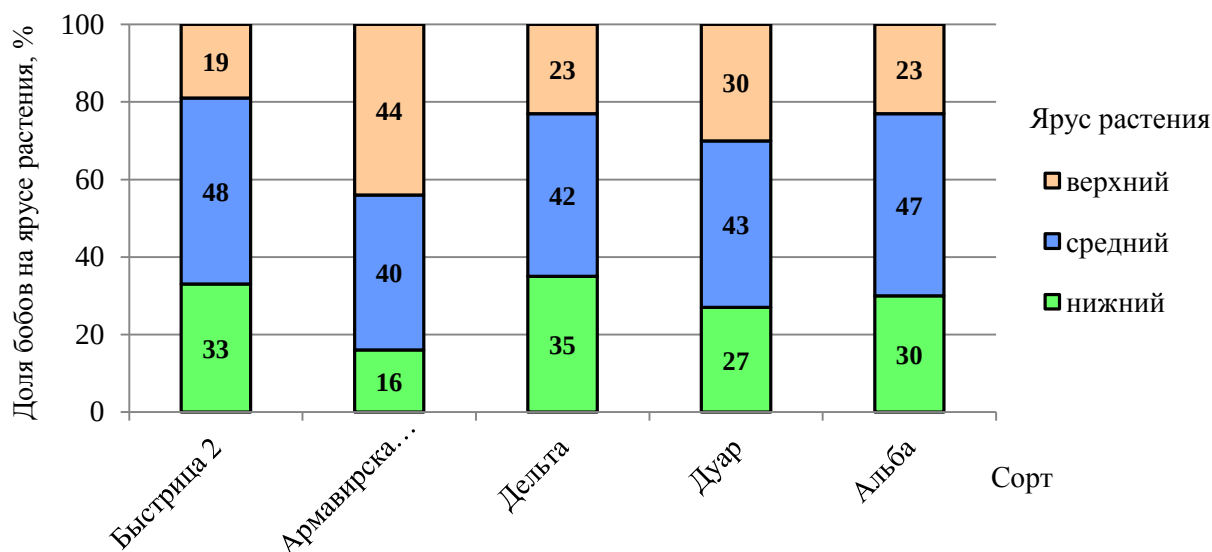


Рисунок 17 – Распределение бобов по ярусам растений у раннеспелых сортов сои, % (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Больше всех отличалось распределение бобов по ярусам растения у сорта Армавирская 2, у которого наибольшее количество бобов формировалось в верхней части растения (44 %), а наименьшее в нижней – 16 %. У сорта Дуар меньше трети бобов (27 %) формировалось в нижней части растения и около трети (30 %) в верхней. При этом у сортов Дуар и дельта в среднем ярусе образовалось по 42–43 % бобов. У сортов Быстрица 2 и Альба в нижней части растений формировалось около трети всех бобов, наименьшее количество в верхнем ярусе растения – 19–23 % и основное количество приходилась на среднюю часть растения – 47–48 %. Распределение бобов на растениях у сортов Быстрица 2, Дельта и Альба больше схоже с распределением у более позднеспелых сортов, изученных нами ранее.

Несмотря на отсутствие четкой связи изучаемых параметров с урожайностью семян ввиду того, что самый низкопродуктивный сорт Быстрица 2 по габитусу растений схож с современными сортами, но отличается по продуктивности, следует отметить положительную связь между количеством бобов в нижней части растений с положительными признаками: продолжительностью цветения ($r = 0,972$), продуктивностью семяобразования, т.е. меньшему количеству абортировавшихся семян ($r = 0,753$), долей сухой

массы бобов в общей массе растений в начале пожелтения листьев ($r = 0,768$). С продуктивностью семяобразования также положительно связано количество бобов в средней части растения ($r = 0,624$), в то время как с числом бобов в верхней части растений отрицательно ($r = -0,788$), что говорит о большом количестве невыполненных бобов на верхушках растений.

Таким образом, раннеспелые сорта, на растениях которых в нижней и средней частях расположено большее количество бобов, чем в верхнем ярусе, имеют преимущество перед сортами с большим количеством бобов на верхушке.

3.3.6 Особенности семяобразования

Ряд авторов в разные годы проводили изучение абортивности цветков, бутонов и бобов у сои. Установлено, что причина абортивности семян не в жизнеспособности пыльцы, так как на каждую семяпочку приходится более 150 жизнеспособных пыльцевых зерен [169]. В условиях Западной Сибири было установлено, что в зависимости от яруса растений абортивность цветков и бутонов сои составляла 35,6–41,7 %, а бобов – 21,0–30,4 % [56]. В Краснодарском крае величина опадения цветков и завязавшихся бобов у сои варьировала от 68,5 до 83,6 % и даже в условиях теплицы осыпалось до 80,5 % цветков и 60,6 % бобов [150; 169].

Абортивность семян в бобах обычно имеет более низкие значения. Так, доля неразвитых семян в бобах в условиях Краснодарского края составляла 18–28 % [70], в условиях Западной Сибири – 10–23 % [56]. Поэтому обоснованными являются выводы исследователей о том, что причина абортивности семян связана с условиями внешней среды и нарушениями питания и водообеспечения завязей и семян в бобах [56; 168; 214; 226].

Изучение нами потенциальных возможностей растений в части формирования максимального количества семян из сформировавшихся завязей свидетельствует также о влиянии генотипа и условий произрастания на этот показатель.

Наибольшее количество семязачатков, в сохранившихся к уборке бобах, отмечено у сортов Быстрица 2, Дельта и Альба – 2,53–2,58 шт./боб (Таблица 26). Несколько меньше (2,47 шт./боб) этот показатель был у сорта Дуар. Достоверно уступал всем сортам по количеству семязачатков в расчете на один боб сорт Армавирская 2 – 2,21 шт./боб.

Таблица 26 – Потенциальные возможности бобов у раннеспелых сортов сои разных лет селекции по ярусам растения, шт./боб (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Сорт	Ярус растения			Критерий F	В среднем на растении
	нижний	средний	верхний		
Число семязачатков в одном бобе, шт.					
Быстрица 2	2,52	2,52	2,75	$F_{\phi} < F_{\tau}$	2,57
Армавирская 2	2,27	2,20	2,19	$F_{\phi} < F_{\tau}$	2,21
Дельта	2,59	2,49	2,53	$F_{\phi} < F_{\tau}$	2,53
Дуар	2,50	2,40	2,53	$F_{\phi} < F_{\tau}$	2,47
Альба	2,56	2,56	2,62	$F_{\phi} < F_{\tau}$	2,58
НСР ₀₅	0,13	0,12	0,12		0,09

Сравнение количества семязачатков по ярусам растения не показало достоверных отличий в пределах каждого из изучаемых сортов, тем не менее прослеживается более выраженная тенденция у сорта Быстрица 2 по формированию большего количества семязачатков в верхней части растения.

Преимущество сортов Быстрица 2, Альба и Дельта сохранилось и по числу сформировавшихся в одном бобе семян (Таблица 27). Различия по ярусам растения у большинства сортов статистически достоверны. И если у сортов Быстрица 2 и Дуар созревало примерно одинаковое число семян в одном бобе на разных ярусах растения, то у сортов Дельта, Альба и Армавирская 2 в нижней и средней частях растений количество сформировавшихся и вызревших семян в бобе было больше, чем в верхнем ярусе.

Больше было созревших семян в одном бобе на нижнем ярусе у сортов Дельта и Альба (2,16 и 2,24 шт./боб), на уровне этих сортов в среднем ярусе выделился сорт Быстрица 2 (2,09 шт./боб). Наименьшее количество семян в одном бобе на всех ярусах растения формировалось у сорта Армавирская 2.

Таблица 27 – Реализация потенциальных возможностей бобов у раннеспелых сортов сои разных лет селекции по ярусам растения, шт./боб (среднее за 2007, 2009, 2012 гг.)

Сорт	Ярус растения			НСР ₀₅ / критерий F	В среднем на растении
	нижний	средний	верхний		
число полностью сформировавшихся семян в одном бобе, шт.					
Быстрица 2	2,05	2,09	2,12	F _ф <F _т	2,08
Армавирская 2	1,71	1,75	1,56	0,09	1,66
Дельта	2,16	2,05	1,93	0,19	2,06
Дуар	2,04	1,94	2,02	F _ф <F _т	1,99
Альба	2,24	2,19	2,07	0,06	2,18
НСР ₀₅	0,18	0,18	0,19	-	0,16

Продуктивность семяобразования в среднем по годам у изучаемых генотипов изменялась от 75 до 85 % (Таблица 28). У сорта Армавирская 2 каждый четвертый семязачаток (25 %) не формировал семя, в то время как в тех же условиях у сорта Альба – 84 % семязачатков проходили полный налив. У остальных трех сортов в среднем на растение у 19–20 % всех семязачатков не происходило формирование семян.

Таблица 28 – 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

У последних трех созданных сортов (Дельта, Дуар и Альба) с повышением яруса растения снижалась продуктивность семяобразования, что подтверждает гипотезу о более сильной аттрагирующей способности и меньшей конкуренции за воду и питательные вещества более низко расположенных на растении бобов.

Продуктивность семяобразования у сортов Быстрица 2 и Армавирская 2 была наивысшей в центральной части растения, но относительно более новых сортов Дельта, Дуар, Альба их показатели все равно уступали.

Корреляция между изучаемыми признаками зависела от условий года и между некоторыми показателями зависимость могла быть как положительной, так и отрицательной. В среднем за три года изучения урожайность семян была положительно связана с количеством бобов на нижнем и среднем ярусах растения (Таблица 29). Это подтверждает, что вклад семян верхнего яруса в общий урожай семян с растений менее значителен.

Таблица 29 – Коэффициенты корреляции между количеством бобов на ярусах растения и урожайностью семян раннеспелых сортов сои

Ярус растения		
нижний	средний	верхний
2007 г. острозасушливый		
0,464	0,549	0,039
2009 г. благоприятный		
0,346	0,222	-0,266
2012 г. относительно благоприятный		
0,480	0,868	0,211
Среднее за 2007, 2009, 2012 г.		
0,583	0,785	0,258

Таким образом, в результате проведенных опытов установлено, что современные высокопродуктивные сорта сои более приспособлены к засушливым условиям среды. Связано это с тем, что у этих сортов формируются бобы с большим количеством семязачатков как в целом на растении, так и в нижнем и среднем ярусах растений. Перераспределение бобов в пользу этих частей растений обеспечивает современным раннеспелым сортам сои более высокую продуктивность семяобразования, что в целом способствует и более высокому урожаю. Таким образом, как и у среднераннеспелых сортов, показатель

повышенного количества бобов в нижней и центральной частях растения, в сочетании с пониженной абортивностью семязачатков в бобах, можно применять в качестве критерия отбора растений в гибридных популяциях и селекционном питомнике при селекции раннеспелых сортов сои.

4 МОДЕЛЬ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО РАННЕСПЕЛОГО СОРТА СОИ ДЛЯ УСЛОВИЙ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Каждый селекционер в своей работе стремится создать сорт, отвечающий максимальному сочетанию положительных признаков. Безусловно, к ним относятся высокая урожайность, устойчивость к болезням и почвенно-климатическим особенностям региона возделывания, способность растений формировать высокий урожай в контрастных условиях произрастания. Морфотип сорта сои не может быть идентичен в различных регионах выращивания, так как длина дня, особенности выпадения осадков и другие абиотические факторы значительно влияют на возможность растений формировать урожай семян.

Нашей задачей было сформулировать основные характеристики растений сои, которые селекционер может учитывать при отборе растений в гибридных популяциях и селекционных питомниках в условиях недостаточного увлажнения Юга европейской части России. Использован был эволюционный подход, который рекомендовался разными исследователями [172; 196; 251], то есть изменения, которые произошли в результате селекционного улучшения культуры в конкретных почвенно-климатических условиях, для минимизации работы селекционеров в части желания улучшить признаки, не связанные с реальной ролью в жизнедеятельности культуры.

4.1 Хозяйственно-биологические признаки растений сои

Во многих регионах европейской части России соя является предшественником озимых колосовых культур, в связи с чем вегетационный период сои должен позволять убрать ее и подготовить почву к посеву до посева озимой культуры. Также всегда следует учитывать, что для уменьшения нагрузки на уборочную технику и возможности получения среднего в хозяйстве высокого урожая в нестабильных засушливых условиях, следует выращивать сорта разных групп спелости. Для Северного Кавказа С.В. Зеленцовым была определена

оптимальная продолжительность вегетационного периода раннеспелых сортов сои, которая составляет 105–110 суток [88].

Длина вегетационного периода изучаемых нами сортов составила 108–112 суток в среднем за 6 лет исследований [241]. Это соответствует ранее установленной группе спелости и оптимальному периоду вегетации раннеспелых сортов.

Установлено, что продолжительность межфазных периодов достаточно сильно влияет на урожайность растений [238]. В условиях недостаточного увлажнения важным является ранний переход растений к цветению. Оптимальной продолжительностью периода всходы – начало цветения является диапазон 28–35 суток, что позволяет растениям использовать зимние запасы влаги в почве не только на рост и развитие растений, но и на формирование и налив бобов ранозацветающих генеративных органов. Для обеспечения высокой и стабильной по годам урожайности семян общая продолжительность периода цветения должна находиться в пределах 37–45 суток. Причем следует отметить, что наиболее тесная связь этого показателя с урожайностью семян ($r = 0,647–0,813$) отмечена в годы с достаточным количеством осадков в период цветения, что говорит о высоком потенциале сортов, способных в благоприятных условиях более полно реализовать высокий урожай семян [238]. Продолжительность периода конец цветения – созревание, исходя из длительности первых двух межфазных периодов, должно быть на уровне длительности цветения и составлять 35–43 суток.

4.2 Морфологические признаки растений

Высота растений. У раннеспелых сортов сои наблюдается различная корреляционная взаимосвязь между высотой растений и урожайностью в годы исследований с коэффициентами корреляции от $r = -0,623$ до $r = 0,770$. Отмечено, чем более благоприятные условия складываются, тем выше положительная связь. В условиях дефицита влаги высота растений уменьшается в среднем на 35–40 %, что у изначально невысоких растений приводит к формированию очень низких, неспособных сформировать большое количество продуктивных узлов и пластических веществ. Также важно учитывать высокую положительную связь

указанного признака с продолжительностью периода цветения ($r = 0,810$). На основании этого считаем, что высота растений в благоприятные по влагообеспеченности годы должна быть на уровне лучших современных сортов, обеспечивающих максимальный выход семян с единицы площади, и составлять 90–115 см.

Высота прикрепления нижнего боба. Сильная отрицательная связь этого показателя с урожайностью ($r = -0,881$) свидетельствует о том, что оптимальной высотой прикрепления нижнего боба следует считать 13–15 см, поскольку, с одной стороны, эта высота позволяет убирать сою без потерь обычной жаткой комбайна, с другой, это обеспечивает более рациональное использование влаги, и как следствие, более высокую продуктивность растений [238].

Кроме того, важно учитывать сильную положительную связь между высотой прикрепления нижнего боба и продолжительностью периода всходы цветение ($r = 0,903$), что при выявленном преимуществе высокопродуктивных генотипов с наименьшим периодом до цветения подтверждает, что изучаемый параметр должен быть минимально допустимым для уборки и обеспечения технологичности сорта [238].

Несмотря на то, что для сои полегание растений не относится к факторам, резко снижающим урожайность посева, а, напротив, в благоприятные годы часто является признаком повышенной урожайности, это не снимает задачу в процессе дальнейшей селекционной работы контролировать устойчивость главного стебля растений к изгибу [238].

Количество ветвей на растении зависит не только от генотипа, но и от условий произрастания, в том числе плотности ценоза. Наследственность составляет 31–41 % [138], при этом нет однозначного мнения, какое число ветвей предпочтительнее. Ряд авторов считает, что большее число ветвей способствует большему числу узлов, а, следовательно, и бобов [16], другие считают, что большое количество ветвей снижают технологичность [8].

Полученные нами данные свидетельствует о том, что этот признак отрицательно связан с урожайностью растений ($r = -0,801$) и уборочным индексом ($r = -0,778$) в условиях Юга европейской части России [238]. На наш

взгляд, это является следствием того, что расходование пластических веществ на построение ветвей и листьев в этих условиях нецелесообразно и высокопродуктивные сорта сои, хорошо адаптированные к этим условиям, реализуют семенную продуктивность в основном за счет главного побега, доля участия которого в урожайности должна составлять не менее 50–70 %, а количество ветвей, соответственно, не превышать в среднем двух штук на растение [238].

Распределение бобов по ярусам растения и продуктивность семяобразования. По результатам наших исследований установлено, что основной причиной уменьшения продуктивности семяобразования растений является абортивность семязачатков в бобах верхней трети растения, подтверждением тому служит высокая положительная связь между количеством бобов в нижнем и среднем ярусах растения и отрицательная в верхней. В количественном выражении больше всего недоразвитых семязачатков в среднем ярусе растений, но поскольку здесь и больше всего бобов, то продуктивность семяобразования нижней и средней частей растения очень близки и выше, чем в верхней их части. Из этого следует, что высокопродуктивные сорта сои формируют свой урожай в основном за счет бобов нижнего и среднего ярусов растения. На верхний ярус растения должно приходиться не более 15–25 % бобов. Объясняется это тем, что растения с таким распределением генеративных органов более эффективно используют накопившиеся в вегетативных органах пластические вещества и в меньшей степени снижают урожай при неравномерном выпадении осадков. Следует стремиться, чтобы продуктивность семяобразования у новых сортов достигала 90 %, так как у современных сортов этот показатель уже достигает 87 % в среднем по растению [238].

Масса 1000 семян тесно связана с продуктивностью растений ($r = 0,798$). Более крупные семена характеризуются более высокой аттрагирующей способностью во время налива. Считается, что оптимальная величина этого показателя в оптимальных по влагообеспеченности условиях составляет 150–200 г [238].

Характер роста и развития органов растений сои. Биологический потенциал растения и его реализация зависят от процессов, протекающих в растениях в период роста и развития в течение всей вегетации, начиная от всходов. Важным является реакция генотипов на условия произрастания, не только в условиях засухи, но и избыточного увлажнения, так как не все растения способны рационально расходовать имеющиеся в определенный период ресурсы среды.

Наши исследования свидетельствуют о большой зависимости урожая семян от процессов, которые протекают в растениях в период от всходов до цветения. Высокопродуктивные сорта сои демонстрируют низкую скорость роста до цветения, что позволяет им экономнее расходовать имеющиеся с зимы запасы почвенной влаги. Темпы роста таких сортов составляют 2,2–3,3 г/м²·сутки, что позволяет им к началу цветения сформировать 75–130 г/м² сухой массы.

Для условий юга европейской части России предпочтительно возделывать полудетерминантные сорта, так как они с большей вероятностью формируют высокий урожай семян в условиях неравномерного выпадения осадков. Следовательно, рост вегетативных органов в период роста и развития генеративных органов неизбежен. Тем не менее, он должен быть умеренным, так как из-за ограниченного периода вегетации растения должны сформировать полноценный урожай семян. Установлено, что скорость прироста сухого вещества у высокопродуктивных сортов должна составлять в этот период 8–13 г/м²·сутки [238].

Рост вегетативных органов после окончания цветения недопустим, так как это отвлекает пластические вещества на построение ненужных органов, вместо налива бобов [238].

Фотосинтетические признаки. Площадь листьев, с учетом описанных нами ранее закономерностей, на начальном этапе развития растений должна быть минимальной к началу цветения (11–15 тыс. м²/га) и максимальной к концу цветения. При благоприятных условиях влагообеспеченности этот показатель может достигать 40–50 тыс. м²/га [238].

Влияние удельной поверхностной плотности листа проявлялось не во все годы и на разных фазах развития отличалось. При этом у высокопродуктивных

генотипов этот показатель был на уровне 45–50 г/м² в конце цветения, ниже которого мы не рекомендуем опускаться.

Уборочный индекс и индекс микрораспределения.

За 6 лет изучения раннеспелых сортов была установлена почти функциональная связь урожайности семян и уборочного индекса ($r = 0,976$), что, безусловно, говорит о необходимости учета этого параметра при селекции на продуктивность. Связь эта вполне закономерна, так как при ограниченной по времени вегетации высокую урожайность могут сформировать растения, у которых хорошо развиты донорно-акцепторные отношения в пользу генеративных органов [238].

Кроме эффективного распределения пластических веществ между генеративными и вегетативными органами, высокопродуктивные сорта должны отличаться и рациональным распределением их в пределах генеративных органов, то есть между семенами и створками бобов. Индекс микрораспределения (доля семян в бобах) для таких сортов должен быть не менее 70–72 % [238].

Биохимические показатели. В первую очередь сою во всем мире выращивают для получения высококачественного белка. Содержание его в обычных зерновых сортах находится на уровне 40–43 %. В связи с тем, что сбор его с гектара в большей степени определяется урожайностью сорта, мы считаем, что сохранение этого показателя (содержания белка) на имеющемся уровне вполне целесообразно. То же самое касается содержания масла (21–23 %) и ингибитора трипсина (19–23 мг/г) [238].

В своей работе селекционер также должен обращать внимание на болезни сои и вести отбор только здоровых растений и генотипов. Наибольшее распространение в условиях Юга европейской части России имеют болезни: пепельная гниль, фузариоз, болезни, вызванные вирусами, а в последние годы очень распространились и бактериозы.

Полученные в результате исследований данные позволили нам сформулировать модель раннеспелого сорта сои, характеризующегося высокой потенциальной продуктивностью и адаптивностью в условиях неустойчивого увлажнения Юга европейской части России (Таблица 30).

Таблица 30 – Параметры модели высокопродуктивного раннеспелого сорта сои для условий недостаточного увлажнения Юга европейской части России с потенциалом продуктивности свыше 4,0 т/га

Показатель	Количественная характеристика
Вегетационный период, сутки	105–110
Межфазные периоды, сутки:	
- всходы – начало цветения	28–35
- начало цветения – конец цветения	37–45
- конец цветения – созревание	35–43
Высота растений, см	90–115
Высота прикрепления нижнего боба, см	13–15
Доля участия главного побега в формировании урожайности, %	50–70
Масса 1000 семян, г	150–200
Распределение бобов на растении, %:	
- нижняя часть растения	25–35
- средняя часть растения	42–49
- верхняя часть растения	15–25
Продуктивность семяобразования, %	85–90
Темп роста вегетативных органов	
- всходы – начало цветения	низкий
- начало цветения – конец цветения	умеренный
- конец цветения – созревание	нет
Площадь листьев, тыс. м ² /м ²	40–50
Удельная поверхностная плотность листьев, г/м ²	45–50
Сухая масса растений в начале цветения, г/м ²	75–130
Уборочный индекс, %	39–42
Индекс микрораспределения, %	70–72
Устойчивость к полеганию	высокая
Устойчивость к растрескиванию бобов	высокая
Устойчивость к болезням и вредителям	высокая
Содержание белка в семенах, %	40–43
Содержание масла в семенах, %	21–23
ТИА, мг/г	19–23

5 СООТВЕТСТВИЕ СОВРЕМЕННЫХ РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Разработанная модель сорта, в сочетании с принципами отбора в гибридных и селекционном питомниках позволили создать ряд раннеспелых сортов. Если предыдущие сорта (Быстрица 2, Армавирская 2, Дельта, Дуар, Альба) были районированы в 1994–2007 гг., то следующая группа раннеспелых сортов (Славия, олимпия, Чара, Селена) была включена в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Российской Федерации в 2009–2018 гг.

Сравнение новых сортов, в том числе проходящих сортоиспытание, с сортами предыдущего этапа селекции проводили в 2016–2017 гг. В целом условия этих двух лет были лучше, чем в 2007, 2009, 2012 гг., в которых проводили изучение сортов предыдущего этапа селекции и разрабатывали модель раннеспелого сорта. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2016 году составил 1,067, в 2017 – 0,995.

В изучение были включены распространенные и районированные на сегодняшний день сорта сои: Славия, Чара, Олимпия, Селена.

Важно было выявить, произошел ли у этих сортов сдвиг по основному хозяйственному признаку – урожайности семян. Так, средняя урожайность сортов районированных в 1994–2007 гг., на основании которых разрабатывалась модель сорта в 2016–2017 гг., составила 2,31 т/га, в то время как новых сортов – 2,84 т/га [243] (Таблица 31).

В 2016 году наивысшую урожайность продемонстрировал самый новый сорт Селена – 2,68 т/га. На его уровне сформировали урожай семян все новые сорта и сорт Альба, четыре более «старых» сорта (Быстрица 2, Армавирская 2, Дельта, Дуар) уступили по этому показателю. В 2017 году также лучшим оказался сорт Селена (3,29 т/га), на уровне с ним урожайность семян была у сорта Олимпия (3,18 т/га), немного уступили сорта Славия (3,01 т/га) и Чара (3,00 т/га). Все сорта предыдущего периода селекции были ниже по урожайности (1,68–2,67 т/га).

Таблица 31 – Урожайность семян у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, т/га

Сорт	Год районирования сорта	2016 г.	2017 г.	В среднем за 2 года
Быстрица 2	1994	2,34	2,37	2,36
Армавирская 2	2000	1,98	1,68	1,83
Дельта	2003	2,17	2,67	2,42
Дуар	2005	2,26	2,40	2,33
Альба	2007	2,57	2,60	2,59
Славия	2009	2,43	3,01	2,72
Олимпия	2013	2,55	3,18	2,87
Чара	2016	2,58	3,00	2,79
Селена	2018	2,68	3,29	2,99
НСР ₀₅	-	0,32	0,22	0,18

Что касается биологического урожая, то как и на многих культурах сдвига в сторону его увеличения не произошло. В оба года испытаний и в среднем за два года достоверных различий между сортами не выявлено (Таблица 32). В среднем более «старые» сорта показали биомассу 618 г/м², а «новые» – 616 г/м².

Таблица 32 – Биологическая урожайность у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, г/м²

Сорт	2016 г.	2017 г.	В среднем за 2 года
Быстрица 2	575,2	687,6	631,4
Армавирская 2	573,3	690,5	631,9
Дельта	503,8	688,1	596,0
Дуар	540,0	672,4	606,2
Альба	582,9	665,7	624,3
Славия	536,2	686,7	611,4
Олимпия	548,6	660,0	604,3
Чара	556,2	706,7	631,4
Селена	548,6	684,8	616,7
Критерий F	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

Установлено, что прирост урожайности произошел за счет более эффективного перераспределения пластических веществ из вегетативных в

генеративные органы [243]. Уборочный индекс у «старых» сортов изменялся от 0,23 до 0,41, в то время как у «новых» – от 0,40 до 0,46 (Таблица 33). В среднем у сортов раннего периода селекции 36 % пластических веществ накапливалось в семенах, в то время как у современных – 44 %.

Таблица 33 – Уборочный индекс у раннеспелых сортов сои селекции ВНИИМК

Сорт	2016 г.	2017 г.	В среднем за 2 года
Быстрица 2	0,38	0,33	0,35
Армавирская 2	0,33	0,23	0,28
Дельта	0,40	0,37	0,39
Дуар	0,39	0,34	0,37
Альба	0,41	0,37	0,39
Славия	0,43	0,41	0,42
Олимпия	0,44	0,45	0,45
Чара	0,44	0,40	0,42
Селена	0,46	0,45	0,46

Сопоставление продолжительности вегетации показали, что современные сорта стали более стабильны по этому признаку. Напротив, в первой и второй декадах августа в 2016 году выпало 27,6 мм осадков, что способствовало затягиванию вегетации «старых» сортов. По-видимому, недозагрузка растений генеративными органами не позволила им своевременно созреть, в то время как современные сорта закончили свою вегетацию, в основном, 19–24 августа. Отличался только сорт Чара, созревший 28 августа.

В связи с этим, средняя продолжительность вегетации сортов предыдущего этапа селекции изменялась от 110 до 130 суток в среднем за два года 120 суток, у современных сортов диапазон составил 109–118 суток, со средним показателем 112 суток (Таблица 34, Рисунок 18).

Таблица 34 – Продолжительность межфазных и вегетационного периодов у раннеспелых сортов сои по годам, сутки

Сорт	Продолжительность периода, сутки							
	всходы – начало цветения		уачало цветения – конец цветения		конец цветения – созревание		вегетационны й период	
	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
Быстрица 2	39	37	37	39	48	34	124	110
Армавирская	51	52	27	32	52	39	130	123
Дельта	38	35	39	42	41	37	118	114
Дуар	45	40	34	41	47	35	126	116
Альба	40	41	38	38	45	36	123	115
Славия	39	38	36	38	39	35	114	111
Олимпия	39	39	35	36	35	35	109	110
Чара	39	37	36	39	43	35	118	111
Селена	40	40	30	34	39	36	109	110

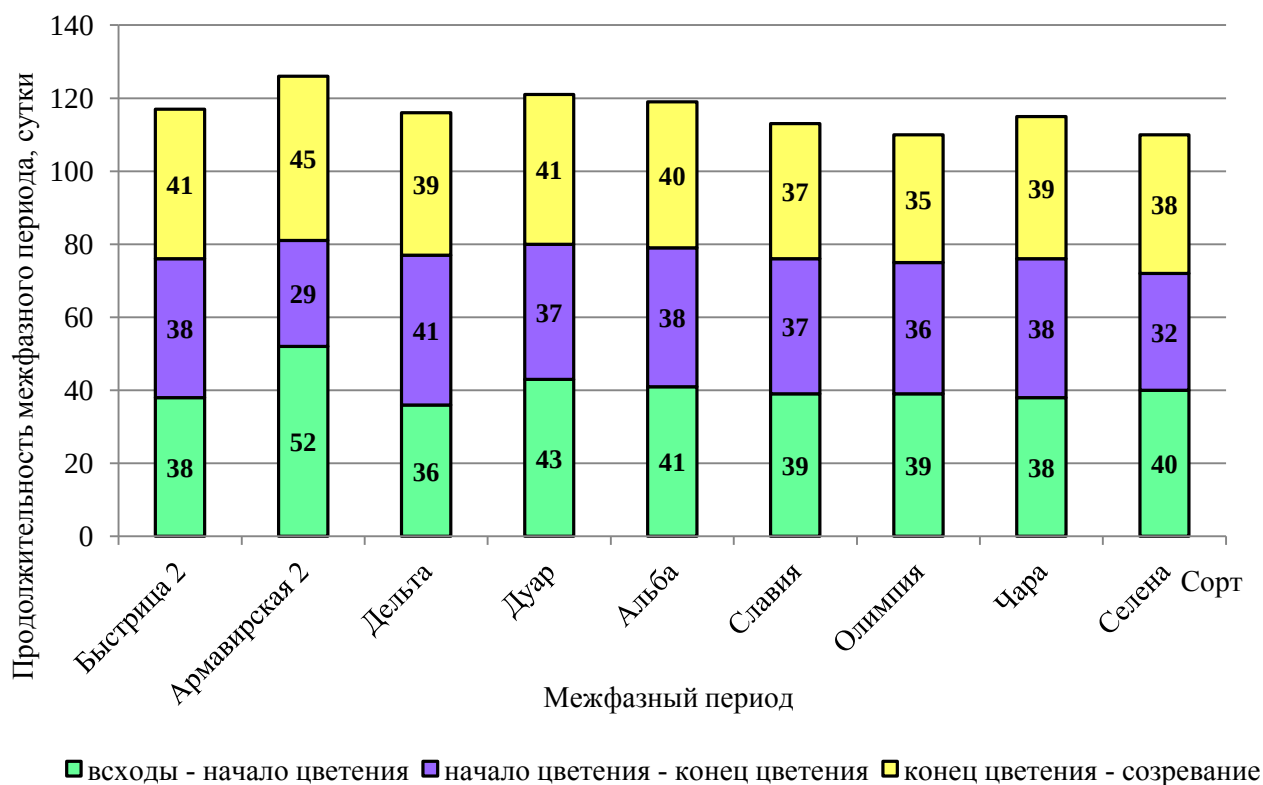


Рисунок 18 – Продолжительность межфазных периодов у раннеспелых сортов сои, сутки (среднее за 2016–2017 гг.)

Относительно продолжительности межфазных периодов отмечено, что сорта также были более выровнены между собой. Так, если сорта, по которым строилась модель сорта, начинали зацветать на 35–52 сутки после появления всходов, то современные на 37–40 сутки. Продолжительность цветения также значительно различалась между группами. Первые «старые» сорта цвели 27–42 суток, современные «новые» 30–39 суток. Не менее значительные различия были выявлены в продолжительности периода конец цветения – созревание. Сорта, по которым строилась модель, проходили этот период за 34–52 суток, а современные – за 35–43 суток.

Таким образом, период конец цветения – созревание уже полностью соответствует запланированному в модели сорта, несколько уменьшился в результате селекции период всходы – начало цветения, из чего следует, что необходимо продолжить отбор растений на сокращение этого периода с одновременным увеличением продолжительности цветения, что также положительно скажется на росте продуктивности растений.

Что касается архитектоники растений, то изучаемые четыре новых сорта условно можно разделить на две группы. Сорта Славия и Чара характеризуются несколько большей высотой растений (86–97 см), а Олимпия и Селена менее высокие – 75–81 см (Таблица 35). Учитывая отрицательную корреляцию высоты растений с продолжительностью периода всходы – начало цветения ($r = -0,393$) и положительную с продолжительностью цветения ($r = 0,537$), общее требование к достаточно большой высоте растений остается.

Таблица 35 – Высота растений у современных раннеспелых сортов сои, см

Сорт	2016 г.	2017 г.	В среднем за 2 года
Славия	84	110	97
Олимпия	70	80	75
Чара	76	96	86
Селена	69	92	81
НСР ₀₅	10,3	13,8	7,5

В более благоприятном 2017 году, когда была сформирована максимальная урожайность семян в опыте, высота растений у большинства сортов вписывалась в диапазон разработанной модели сорта.

Высота прикрепления нижнего боба была в диапазоне 10–15 см, что на 3 см ниже запланированной минимальной границы. На уровне 10 см находились бобы у сортов Олимпия и Чара, что требует дальнейшего более тщательного наблюдения за этим признаком в процессе селекции.

Как и по высоте растений, по элементам структуры урожая новые сорта делились условно на два типа. Два сорта (Селена, Олимпия) отличались повышенным количеством ветвей и соответственно уменьшенным числом узлов на растении и продуктивных узлов на главном побеге, и наоборот (Таблица 36).

Таблица 36 – Характеристика сортов сои разных лет селекции по некоторым элементам структуры урожая, среднее за 2016–2017 гг.

Сорт	Количество узлов на растении, шт.		Количество узлов на главном побеге, шт.		Количество ветвей на растении, шт.	Доля вклада главного побега в урожайность, %
	всего	продуктивных	всего	продуктивных		
Славия	25,1	18,8	15,0	10,7	1,6	51–62
Олимпия	23,9	18,5	13,3	9,4	2,5	49–53
Чара	26,6	20,4	16,0	11,5	1,9	48–69
Селена	25,5	18,6	13,9	9,0	2,4	44–53
НСР ₀₅	-	-	1,16	1,01	0,48	-

Несмотря на это, показатель «доля вклада главного побега в урожайность» был практически достигнут параметра модели раннеспелого сорта. В разрезе по годам и по сортам, доля бобов главного стебля в общей урожайности изменялась от 44 до 69 %. Менее 50 % этот показатель был в 2016 году у сортов Селена, Чара и Олимпия, соответственно 44, 48 и 49 %. В 2017 г. у изучаемых сортов в опыте бобы главного стебля формировали более половины всего урожая с растения – от 53 до 69 %. При этом следует отметить, что у сортов предыдущего периода

селекции этот показатель изменялся от 33 до 58 %. Таким образом, установленная в модели сорта доля вклада главного побега на уровне 50–70 % практически реализована в селекции новых сортов.

Моделью сорта предусматривалось изменение распределения бобов в пределах растения, с увеличением их доли в нижнем и среднем ярусах растения. В 2016–2017 гг. «старые» сорта формировали в нижней части растений от 10 до 29 % бобов, в средней – 40–54 % и оставшиеся 20–38 % – в верхней части. В этих же условиях в нижнем ярусе растений у современных сортов располагалось от 18 до 32 % бобов, почти половина урожая (44–49 %) формировалось в средней части растения и около трети (24–33 %) в верхней (Рисунок 19).

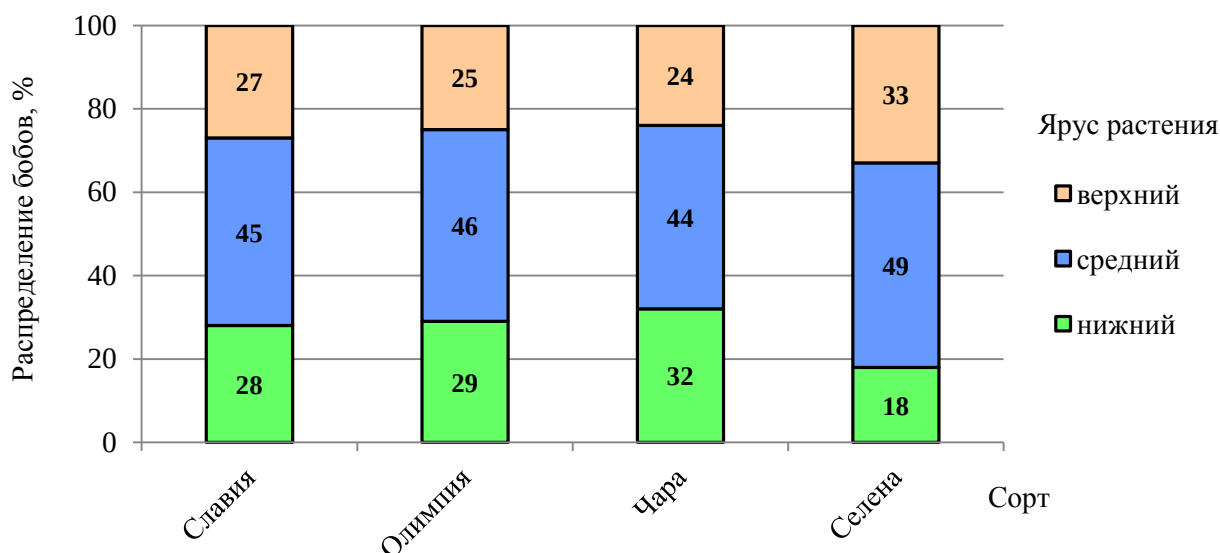


Рисунок 19 – Распределение бобов по ярусам растений у раннеспелых сортов сои, % (среднее за 2016–2017 гг.)

Таким образом распределение бобов на растении сдвинулось в желаемую сторону – больше бобов стало формироваться в нижнем ярусе растений. В среднем ярусе, как и планировалось моделью сорта, располагается около половины, в некоторые годы у отдельных сортов даже до 55 %, в верхнем ярусе количество бобов уменьшено с 20–38 % до 24–33 %.

Анализ особенностей налива семян, потенциальных возможностей формирования урожая и рассчитанной на основе этого продуктивности

семяобразования показали, что современные сорта в среднем формировали на растении 2,20 выполненных семян в одном бобе (Таблица 37). Выделить можно сорт Славия, который достоверно формировал и сохранял к уборке максимальное количество семян в бобах среднего яруса растения – 2,43 шт. Ранее созданные сорта формировали в среднем по 2,1 семян в 1 бобе.

Таблица 37 – Количество семязачаткой у современных раннеспелых сортов сои, шт./боб (среднее за 2016-2017 гг.)

Сорт	Количество семязачатков в одном бобе по ярусам растения, шт.			В среднем на растении, шт./боб
	нижний	средний	верхний	
Славия	2,18	2,43	2,16	2,26
Олимпия	2,06	2,16	2,14	2,12
Чара	2,21	2,19	2,20	2,20
Селена	2,26	2,14	2,18	2,19
НСР ₀₅ ,	$F_{\phi} < F_T$	0,13	$F_{\phi} < F_T$	$F_{\phi} < F_T$

Обращает на себя внимание сравнение сортов по количеству семязачатков в сохранившихся к уборке бобах. «Новые» сорта формировали семязачатков на 1 боб даже на 0,1 шт. меньше, чем «старые» сорта. При этом семязачатки у современных сортов отличались большей аттрагирующей способностью и продуктивность семяобразования, составила в среднем на растении 84 % (Таблица 38), при варьировании показателя по годам и по сортам от 74 до 92 %. Самую низкую продуктивность семяобразования продемонстрировал сорт Олимпия в 2016 году – на уровне ранее созданных сортов. В более благоприятных условиях 2017 года этот показатель у сорта Олимпия составил 85 %. Сорта предыдущего периода селекции формировали 77–85 % семян из имеющихся семязачатков.

Таблица 38 – Продуктивность семяобразования у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, % (среднее за 2016–2017 гг.)

Сорт	Ярус растения			В среднем на растении
	нижний	средний	верхний	
Славия	90	88	81	86
Олимпия	78	81	78	79
Чара	86	82	80	83
Селена	92	87	86	88

Таким образом, запланированный параметр «продуктивность семяобразования» практически достиг уровня в модели сорта. В среднем за 2016–2017 гг. продуктивность семяобразования у сортов сои составил в нижнем ярусе 78–92 %, в среднем 81–88 % и в верхнем 78–86 %.

Важно было выявить, изменилась ли динамика накопления сухого вещества растениями и отдельными его органами, и как изменился фотосинтетический аппарат у современных сортов.

Установлено, что все изученные раннеспелые сорта мало отличались между собой по темпам прироста сухого вещества. Они как правило достаточно медленно росли в начале вегетации от всходов до цветения с приростом массы 3,0–3,8 г/м² в сутки (Рисунок 20), при этом у сорта Олимпия скорость роста была достоверно выше, чем у сорта Селена. В течение цветения рост был интенсивнее и достигал 7,6–11,0 г/м² в сутки, с преимуществом перед остальными сортами сорта Селена. После окончания цветения до начала пожелтения листьев условия роста складывались благоприятно и все сорта продолжали интенсивно накапливать биомассу со скоростью 14,2–17,6 г/м² в сутки с наиболее высокими показателями также у сорта Селена.

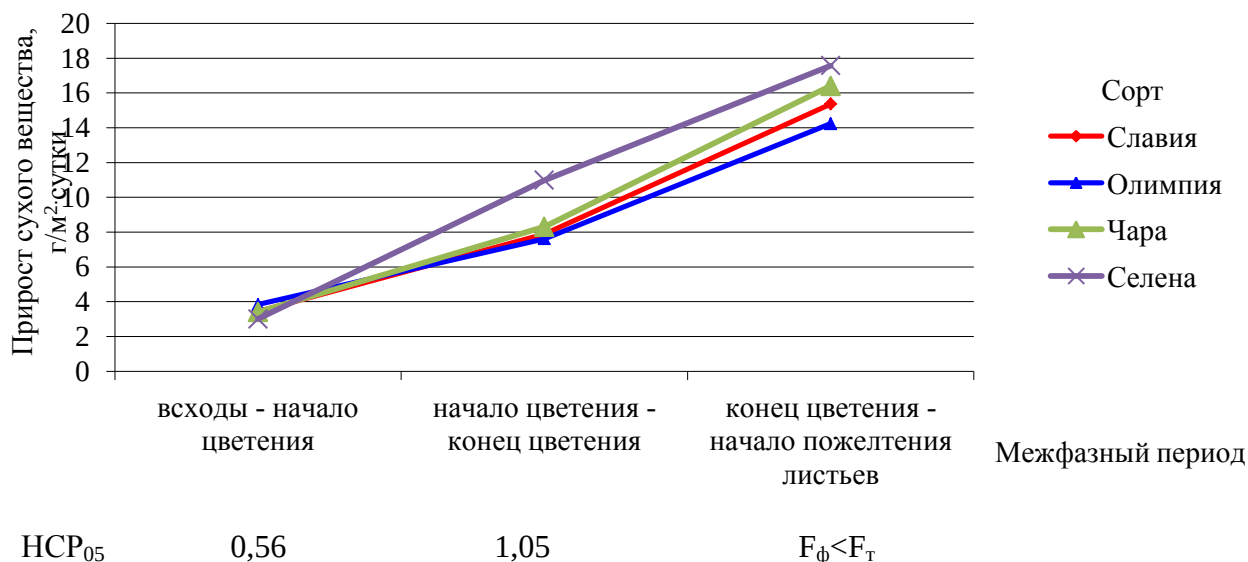


Рисунок 20 – Среднесуточный прирост сухого вещества растений у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, г/м²/сутки (среднее за 2016–2017 гг.)

В итоге все сорта, как это было отмечено выше, были схожи по количеству накопленного сухого вещества растениями к созреванию (Рисунок 21).

Практически не отличались сорта между собой и в течение вегетации. Только у сорта Олимпия была достоверно ниже сухая масса растений в начале пожелтения листьев. Рассмотрим, связано ли это с медленным ростом бобов или с ранним сбрасыванием листьев.

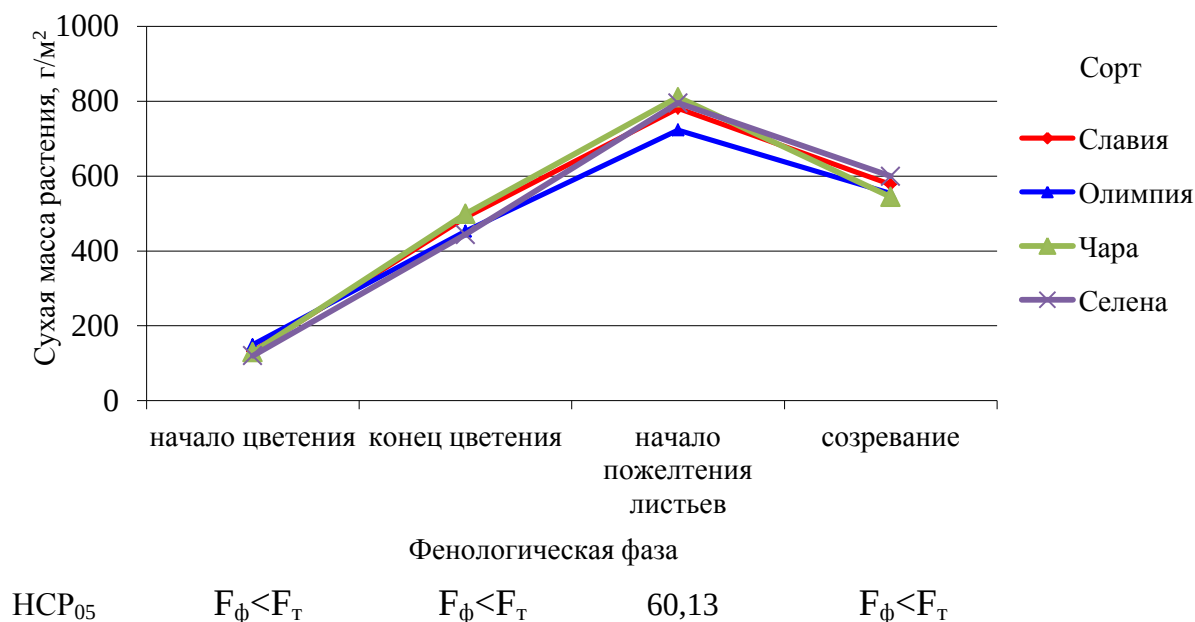


Рисунок 21 – Динамика формирования сухой массы растений у сортов сои по фенологическим фазам, г/м² (среднее за 2016–2017 гг.)

Распределение сухого вещества между вегетативными и генеративными органами растений показало, что только у сорта Олимпия уменьшалось количество пластических веществ в вегетативных органах после окончания цветения (Рисунок 22). Сорта Славия и Чара формировали больше вегетативных органов в конце цветения и начале пожелтения листьев. К созреванию наибольшее количество сухого вещества, накопленного в вегетативных органах, установлено также у сорта Славия.

Детальный анализ накопления сухого вещества между вегетативными органами показал, что динамика по накоплению сухого вещества в стеблях имела тенденцию к незначительному росту после окончания цветения. Прибавка прироста оставляла от 21 до 41 г/м² или 8–13 % (Рисунок 23). Преимущество по количеству накопленных пластических веществ в стеблях у сортов Славия и Чара были аналогичными как для всей вегетативной части растений.

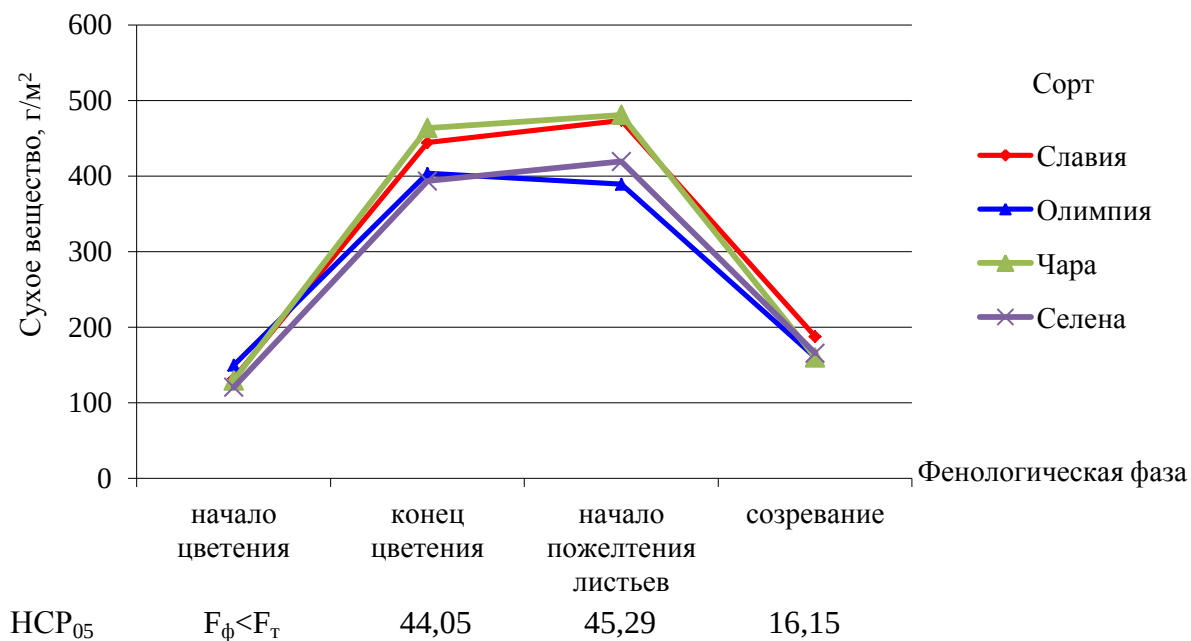


Рисунок 22 – Динамика накопления сухого вещества вегетативными органами растений сортов сои разных лет селекции в онтогенезе (среднее за 2016–2017 гг.)

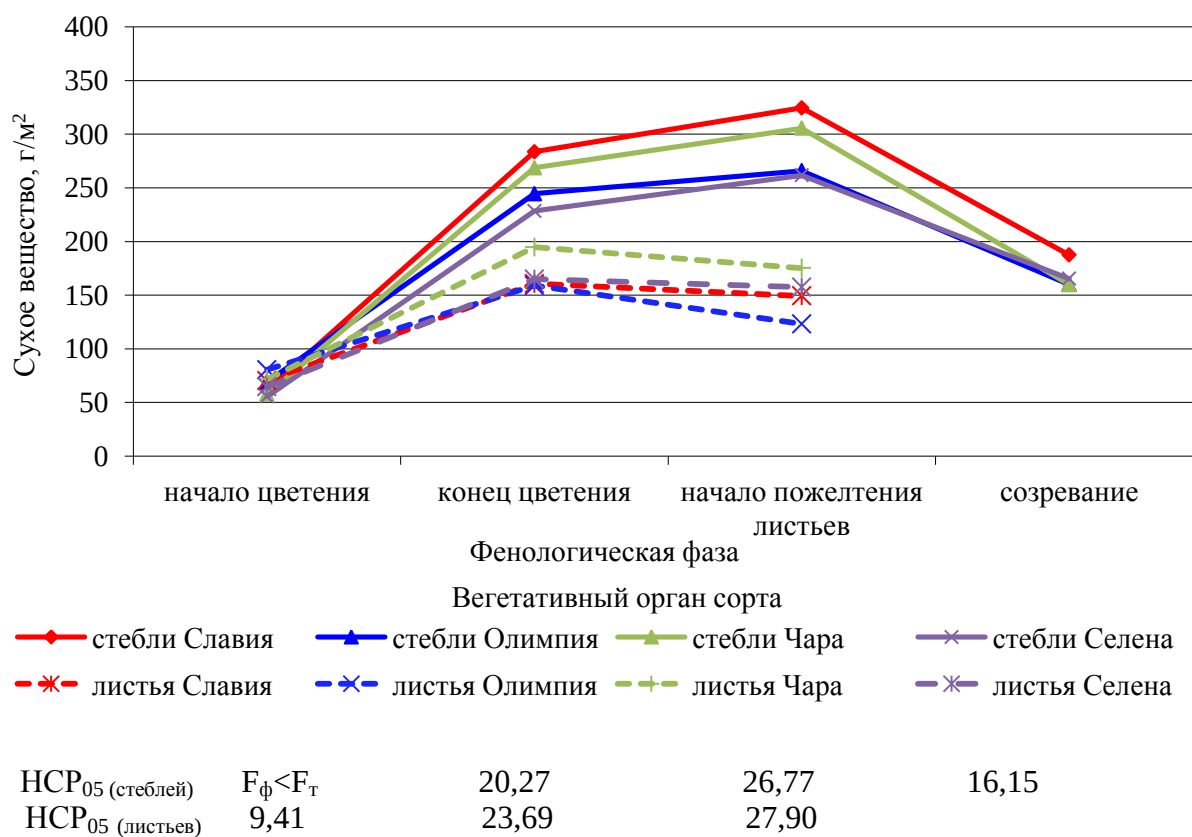


Рисунок 23 – Динамика накопления сухого вещества в стеблях и листьях растений у сортов сои (среднее за 2016–2017 гг.)

Сухая масса листьев имела тенденцию к уменьшению после окончания цветения. К началу пожелтения листьев их масса у всех сортов уменьшилась на 7–36 г/м² или 4–23 %. Меньше всего листьев сохранилось у сорта Олимпия, возможно, вследствие реакции на засуху или наличия высокой аттрагирующей способности. Максимальную массу листьев в конце цветения образовал сорт Чара.

Уточнение связей отдельных вегетативных органов в разные фенологические фазы с конечной урожайностью показали сильную отрицательную зависимость получаемого урожая от массы стеблей в конце цветения и начале пожелтения листьев ($r = -0,986$ и $r = -0,928$ соответственно). Таким образом, большая масса этого вегетативного органа у сортов Славия и Чара были одной из причин недобора урожая. Это подтверждается сделанными нами ранее выводами о нежелательном росте вегетативных органов после окончания цветения. Взаимосвязь массы семян с сухой массой листьев не выявлена. Только в конце цветения наблюдалась тенденция к преимуществу сортов с меньшей, относительно других сортов, площадью листьев ($r = -0,533$). В начале пожелтения листьев отрицательная связь была менее выражена.

Важно отметить, что установленное ранее преимущество сортов, формирующих наименьшую листовую поверхность, подтвердилось – самый урожайный в опыте сорт Селена характеризовался наименьшей площадью листовой поверхности в эту фазу – конец цветения (Рисунок 24). Такой же вывод формулировали Р.М. Джиффорд с соавторами, считая, что в наибольшей степени урожаи семян сои снижаются при дефиците влаги в репродуктивный период онтогенеза, а критерием адаптивности к засухе является ограничение в таких условиях роста листьев с начала вегетации, чтобы сохранить запасы воды к критическому периоду [53].

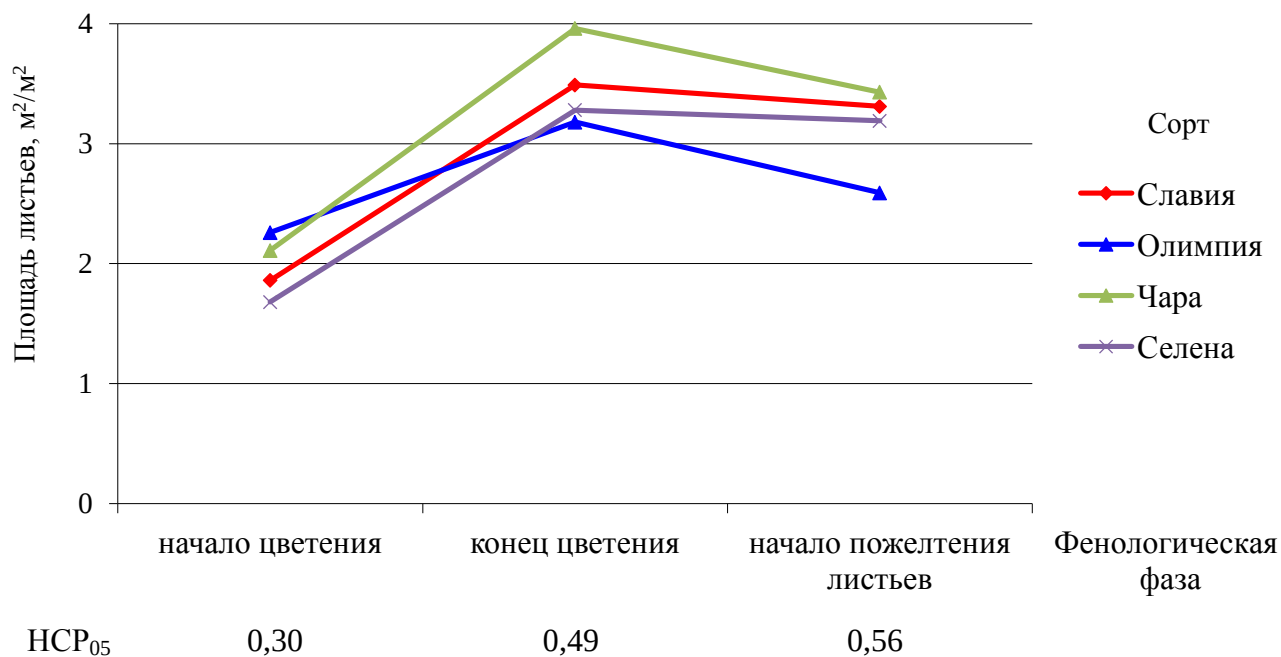


Рисунок 24 – Площадь листьев у сортов сои, м²/м² (среднее за 2016–2017 гг.)

У современных сортов, в отличие от созданных ранее, наблюдалась положительная связь урожайности семян с удельной поверхностной плотностью листа (УПП) в конце цветения ($r = 0,866$). Сорта Селена и Олимпия имели преимущества перед двумя другими сортами по этому показателю и урожаю (Рисунок 25). Фактически показатель УПП в среднем за два года был на уровне 50,9 г/м². В 2016 у этих двух сортов УПП составлял 53,9–54,6 г/м², у самых урожайных сортов предыдущего периода Альба и Дельта он был на уровне 48,4–50,3 г/м², а у сорта Дуар – 42,2 г/м².

Таким образом, рекомендованный в модели сорта показатель удельной поверхностной плотности листа (УПП) достигнут и даже был выше запланированного в отдельные годы.

Таким образом, можно отметить, что запланированные показатели по темпам прироста сухого вещества на начальных этапах развития, умеренный рост вегетативных органов и сдержанное формирование листовой поверхности, частично компенсируемой утолщением листовых пластинок, соответствует разработанной модели сорта. Из новых выявленных закономерностей можно отметить преимущество сортов с наименьшей массой стебля в конце цветения и

начале пожелтения листьев, что может быть следствием более эффективного направления пластических веществ в генеративные органы.

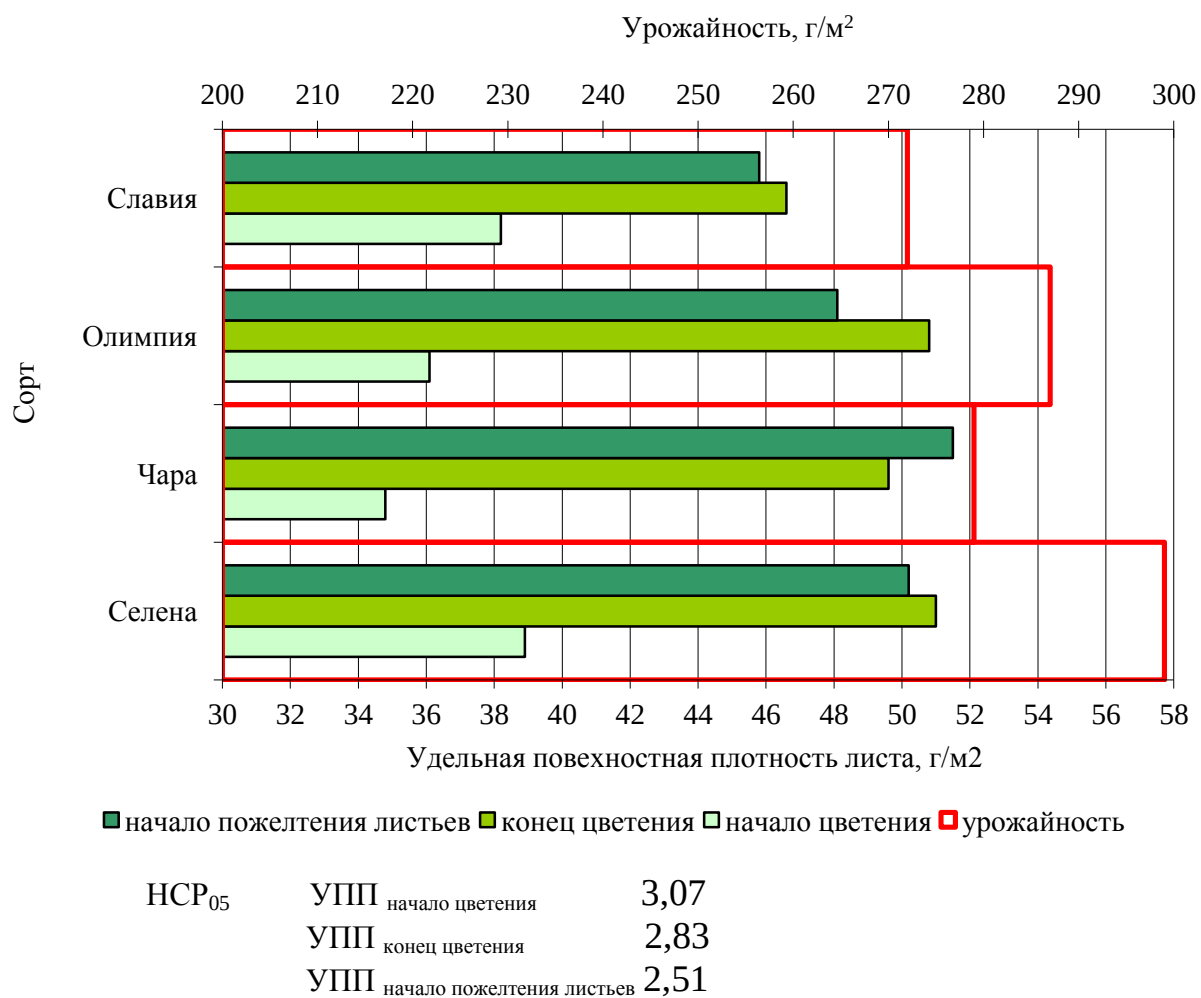


Рисунок 25 – Изменение удельной поверхностной плотности листа сортов сои в онтогенезе, г/м² (среднее за 2016–2017 гг.)

Подтверждением этому является увеличенная в конце созревания у сорта Селена, относительно сорта Славия, доля семян в общей структуре растений за счет уменьшенной доли стеблей (Рисунок 26).

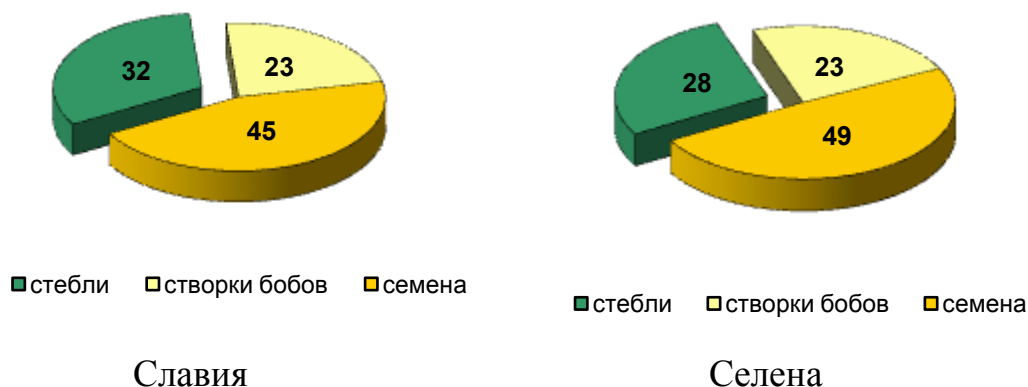


Рисунок 26 – Доля отдельных органов в сухой биомассе растений, %
(среднее за 2016–2017 гг.)

Сорт Селена по динамике накопления генеративных органов выделялся уже с начала пожелтения листьев (Рисунок 27). Повышенной массе семян также способствовала меньшая доля створок в бобах (Таблица 39). Причем, независимо от условий года, этот показатель у сорта Селена изменялся меньше всех других сортов.

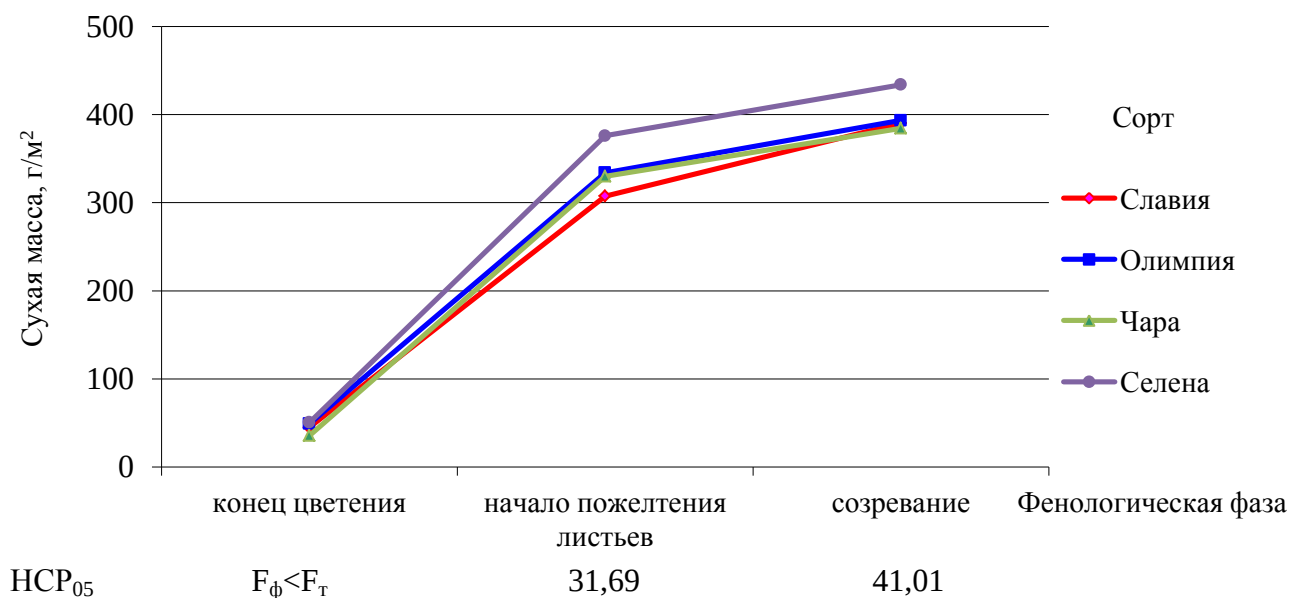


Рисунок 27 – Динамика формирования сухой массы генеративных органов у раннеспелых сортов сои в онтогенезе, г/м²
(среднее за 2016–2017 гг.)

Таблица 39 – Доля створок бобов в генеративной части растения у раннеспелых сортов сои разных лет селекции, % (среднее за 2016–2017 гг.)

Сорт	Доля створок бобов, %
Славия	33,6±10,5
Олимпия	32,1±3,3
Чара	32,8±2,1
Селена	31,8±2,3

Определение биохимических показателей семян показало, что в целом больших изменений в них не произошло. Так, ранее созданные сорта накапливали в семенах в среднем за два года 41,3 % белка, 22,1 % масла, в то время как современные 40,0 и 23,2 % соответственно. На этом фоне повысилось содержание ингибитора трипсина с 22,4 до 24,4 мг/г. Несмотря на некоторое снижение содержания белка, за счет урожайности сбор белка у сорта Селена в среднем за два года составил 1 011 кг/га против 660 кг/га у сорта Армавирская 2, хотя последний является самым высокобелковым сортом в опыте. Сбор масла у этих двух сортов также отличался почти в 2 раза – 626 кг/га у Селены против 326 кг/га у Армавирской 2.

Таким образом, требуется контроль за биохимическими показателями, не допускать снижение содержания белка и стремиться снизить содержание ингибитора трипсина, хотя никаких ограничений при приемке сырья на перерабатывающих предприятиях по этому показателю не ведется.

В целом разработка модели сорта на основании анализа экспериментальных данных возделываемых сортов, связанная с выявлением и описанием признаков и свойств растений, связанных непосредственно с урожайностью, подтверждена полученными на новых сортах сои данными (Таблица 40). Урожайность новых сортов оказалась на 23,5 % выше, чем у сортов предыдущего периода селекции. Большинство запланированных параметров достигнуты или оказались выше, предусмотренных моделью сорта, при этом следует продолжить отбор растений на увеличение продолжительности цветения за счет сокращения периода всходы – начало цветения [243].

Таблица 40 – Соответствие параметров разработанной модели высокопродуктивного раннеспелого сорта сои для условий недостаточного увлажнения Юга европейской части России новым сортам, созданным на основании этой модели, среднее за 2016–2017 гг.

Показатель	Модель сорта	Сорта, на основании которых разрабатывалась модель сорта	Новые сорта, отобранные с учетом модели сорта
1	2	3	4
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

Продолжение таблицы 40

1	2	3	4
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

6 ВЫЯВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОТБОРА РАСТЕНИЙ СОИ ПРИ СЕЛЕКЦИИ СТАБИЛЬНО УРОЖАЙНЫХ СОРТОВ В УСЛОВИЯХ УСУГУБЛЯЮЩЕЙСЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КЛИМАТА ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

6.1 Оценка потенциалов урожайности и засухоустойчивости сортов сои

Предвидеть потенциал урожайности или, напротив, на основании имеющихся данных по величинам продуктивности прогнозировать реакцию генотипов в неблагоприятных условиях мечтал бы уметь каждый селекционер. Тем не менее, еще в далеком 1959 году итальянский ученый Джордано Ацци в результате многочисленных агроэкологических испытаний пришел к выводу, что «урожай всегда есть результат компромисса между продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды» [9]. Позже известные советские ученые-генетики, посвятившие многие годы своей деятельности формулированию принципов и методов экологической селекции растений, установили, что «потенциалы продуктивности культивируемых растений и их экологическая устойчивость находятся под контролем разных генетических систем и относительно независимы» [74; 100]. Так, ученые-селекционеры и физиологи ВНИИМК в 2008 году экспериментальным путем установили, что четыре сорта сои, характеризующиеся высокой урожайностью в благоприятные годы, при засухе по-разному снижают урожайность: лучший сорт Вилана – на треть, предшествующий ему сорт Лань – в два раза, а ранее созданные сорта Астра и Ходсон – в три раза [68; 111]. Важность создания засухоустойчивых генотипов в более благоприятном климате США, над работой только на повышение потенциала урожайности сортов, который часто не может быть реализован в неблагоприятных условиях, демонстрировал и американский ученый J.S. Boyer [287].

Многочисленные работы академика А.А. Жученко были направлены на разработку методов, позволяющих контролировать и объединять в одном сорте потенциал продуктивности и экологическую устойчивость разными комплексами

генов [75]. Однако эта задача значительно осложняется отрицательной генетической корреляцией или даже значительной несовместимостью между высоким потенциалом урожайности и толерантностью к неблагоприятным условиям у многих видов возделываемых растений [94; 367], в том числе у сои [222; 297]. По этой причине односторонняя селекция на высокую потенциальную продуктивность часто ведет к снижению экологической устойчивости [74; 94], а при отборах на устойчивость к стрессам снижаются как средняя урожайность, так и продуктивность в нестрессовых условиях [367].

Поэтому для создания сортов, способных обеспечивать стабильно высокую урожайность при непредсказуемой нестабильности условий, необходима разработка и использование способов оценки как потенциала продуктивности генотипов, так и их устойчивости к неблагоприятным условиям среды [66].

Прямые оценки потенциала урожайности генотипов путем их испытания в комфортных условиях на достаточно больших делянках с повторностями могут обеспечивать необходимую точность результатов. Намного менее надежны оценки устойчивости генотипов к неблагоприятным условиям. Во многих публикациях предлагаются методы оценки селекционного материала, основанные на выживании проростков в условиях жестких абиотических стрессов. Например, С.Ф. Коваль и Б.И. Токарев [104] предлагают выдерживать проростки на растворе с осмотическим давлением 15 атм., оценивать рост выживших при температуре 5 °С, после чего оставшиеся сеянцы испытывать еще раз на выживаемость при жаре +50 °С. Однако И. Арнон (цит. По П.А. Генкель, Т.Н. Пустовойтова [41]) показал, что выживают при водном стрессе растения с такими признаками ксерофитов, которые несовместимы с высокой урожайностью. Отборы по признакам, свойственным ксерофитам, также ведут к снижению урожайности [66; 131].

В начале прошлого столетия физиолог Е.Ф. Вотчал установил, что признаком агрономической засухоустойчивости сорта является не способность его выживать при засухе, а «засухоурожайность». М. Tal [384] также показал, что и для селекции на толерантность к засолению почв не пригодны генотипы, способные выживать при высоком содержании солей в субстрате, а отборы

следует вести на урожайность в условиях такого стресса. Однако при таком подходе к оценкам трудно определить, в какой мере урожайность выделяемых генотипов увеличена за счет высокого потенциала его продуктивности, а в какой – вследствие повышенной устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды. Не обладая способами расчленения вкладов соответствующих комплексов генов в продуктивность генотипа, селекционеры обычно ведут отборы просто по величинам оценок урожайности [287]. Более того, А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева [100] предложили измерять общую адаптивную способность генотипа средней величиной его урожайности в различных условиях среды, не учитывая того, что эта величина может определяться уровнем его потенциальной урожайности. D.E. Byth с соавторами [290] пришли к выводу, что единственным точным критерием оценки селекционных образцов сои при взаимодействии генотипов с условиями среды является превышение по урожайности при всех условиях испытаний. А.В. Кочегура с сотрудниками [119] также используют этот критерий для оценки степени адаптированности сорта сои к условиям неустойчивого увлажнения Краснодарского края [66].

В то же время 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. Настоящее исследование было проведено с целью разработки способов отдельной оценки потенциалов урожайности и адаптивности генотипов сои к климату Юга европейской части России, приспособленность к которому определяется степенью устойчивости к июльско-августовским засухам. Поэтому особое внимание было уделено оценкам засухоустойчивости [58; 66].

Если потенциал продуктивности и экологическая устойчивость контролируются разными комплексами генов, то для оценки различий генотипов по этим свойствам необходимы разные показатели. Урожайный потенциал сорта неизбежно оценивается количеством полезной продукции с единицы площади посева, причем для полной реализации этого свойства необходимы абсолютно

благоприятные экологические условия [131]. Однако из-за теоретических проблем определения максимально возможной урожайности сорта и сомнительности практической ценности такого показателя для характеристики потенциала продуктивности сорта приходится использовать среднюю урожайность, достигнутую в сортоиспытаниях [175]. Этот же показатель – среднюю урожайность сорта при его испытаниях в разных условиях среды – А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева [100] предлагают использовать в качестве оценки общей адаптивной способности генотипа. Несомненно, что величины урожаев сорта зависят как от потенциала его продуктивности, так и от экологической адаптивности, поэтому для отдельной оценки этих двух свойств генотипа не может быть использован один показатель «средняя урожайность сорта в разных условиях среды» [66].

Особенно очевидным подтверждением этого вывода является сопоставление свойств разных по длительности вегетации сортов. Как правило, чем скороспелее сорт, тем ниже потенциал его урожайности, но больше возможностей адаптации [9]. В связи с лучшей адаптивностью к условиям Краснодарского края очень ранних генотипов сои сорт такого типа Лира в засушливые годы был урожайней лучшего среднераннеспелого сорта Вилана, однако в производстве сорта сои ранних сроков созревания менее востребованы из-за сниженного потенциала продуктивности [112]. Учитывая, что урожайность определяется в благоприятных условиях генетическими системами потенциальной продуктивности, а в неблагоприятных – комплексами генов устойчивости к стрессу [75], в Таблице 41 приведены усредненные данные отдельно за годы с повышенным количеством осадков (2002, 2004 и 2009) и в среднем за годы с засухами в июле и августе (2006–2008).

Для оценки генотипов по степени их засухоустойчивости или толерантности к воздействию других неблагоприятных факторов многие исследователи используют индексы, вычисляемые или как простое отношение оценок урожайности при стрессе к их оценкам в комфортных условиях [155; 369],

или как такое же отношение величины урожая при засухе к его оценке без дефицита влаги, но выраженное в процентах [390].

Таблица 41 – 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 в среднем за годы, т/га			Индекс засухоустойчивости, %	Уборочный индекс в среднем за годы		Математическое ожидание урожайности при индексах среды, т/га	
		2001-2009	2002, 2004, 2009	2006, 2007, 2008		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

Описанные способы отдельной оценки потенциалов урожайности и засухоустойчивости генотипов были использованы для характеристики южнороссийских сортов сои разных периодов селекции этой культуры. По три сорта четырех периодов селекции были объектами экологического испытания, проведенного в течение 9 лет с 2001 по 2009 гг. Различия по влагообеспеченности посевов сои в эти годы оказались более значительными за счет июльско-августовских засух с 2006 по 2008 гг., поэтому средние по всем сортам урожаи варьировали от $x_j=0,5$ т/га в наиболее засушливый год до $x_j=3,8$ т/га в самый благоприятный год. Оценки реакций сортов сои на эти условия представлены в Таблице 41.

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. Обеспечиваемое такой адаптивностью повышение стабильности урожаев сои в Краснодарском крае имеет большее значение для практики ее возделывания, чем дальнейшее увеличение потенциала продуктивности сортов.

Во 2-й период селекции сои в Краснодарском крае с 1950 до 1975 гг. предпринимались попытки повысить продуктивность сортов путем отборов на увеличенную площадь листьев и удлинение вегетационного периода. Это привело к тому, что у созданных в этот период сортов (ВНИИСК 7, Комсомолка, ВНИИМК 8, значительно снизилась засухоустойчивость, а увеличение длительности вегетационного периода не привело к соответствующему повышению урожаев семян даже в благоприятные годы.

У сортов сои 3-го периода селекции с 1976 по 1989 гг. (Кубань, ВНИИМК 3895, ВНИИМК 20) вследствие отборов на скороспелость несколько возросла засухоустойчивость, но в сочетании с отборами на увеличенную площадь листьев это привело к тому, что потенциал урожайности семян на фоне благоприятных условий оказался самым низким. И только за время селекции сои во ВНИИМК с 1990 г. удалось созданием сортов Лань и, особенно, Вилана и Рента восстановить потенциал урожайности без удлинения вегетационного периода и значительно повысить устойчивость к июльско-августовским засухам.

Хотя у трех из 12-ти 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 12-ти сортов оказалась средней ($r = 0,685$). Генотипические различия по потенциалам урожайности мало искажали оценки индексов засухоустойчивости, 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.

По представленным в Таблице 41 данным экологического испытания 12-ти сортов сои обнаруживается хорошее совпадение рангов генотипов как по потенциалам урожайности, так и по засухоустойчивости по оценкам этих свойств, непосредственно определяемым по средним урожаям во влажные и в сухие годы и вычисленным с помощью регрессий на индексы среды соответственно при $x_{\cdot j}=3,8$ т/га и $x_{\cdot j}=0,5$ т/га. Важным для селекции сои результатом явилось то, что средние величины уборочных индексов по их оценкам в засушливые годы оказались хорошим индикатором засухоустойчивости генотипов.

Зависимости между показателями продуктивности и устойчивости сортов сои, качественно выявляемые при рассмотрении данных таблицы 41, подтверждаются количественно вычисленными по этим данным коэффициентами генотипических корреляций, представленными в Таблице 42.

Корреляционный анализ подтвердил, что различия сортов по длительности вегетации в небольшой степени, хотя и положительно, связаны с изменчивостью их урожаев на фоне благоприятных условий: полученному коэффициенту корреляции $r_g=0,565$ соответствует коэффициент детерминации лишь $C_d=32$ % при вероятности неслучайности этой связи 9 шансов из 10. С немного меньшей надежностью и теснотой выявилась 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 очень тесными и высокосущественными генотипические корреляции индексов засухоустойчивости с остальными показателями устойчивости к засухе: урожаями в засушливые годы, их математическими ожиданиями при индексе среды $x_j=0,5$ т/га и уборочными индексами на фоне засух. Очень тесные 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 42 – Коэффициенты генотипических корреляций между показателями потенциальной продуктивности и засухоустойчивости сортов сои разных периодов селекции

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 $x_j=3,8$ т/га
			2002, 2004, 2009	2006, 2007, 2008		2002, 2004, 2009	2006, 2007, 2008	
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	$x_j=3,8$ т/га	0,472	0,987**	0,230	-0,023	0,545*	0,119	1
	$x_j=0,5$ 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

Корреляционный анализ подтвердил также практическую равноценность раздельного определения двумя способами таких важнейших свойств генотипов сои как потенциал урожайности и засухоустойчивость. Корреляция между прямыми оценками потенциала урожая во влажные годы и вычисленными по формуле регрессии для максимального индекса среды составила $r_g=0,987$, чему соответствует $C_d=97,4$ % совпадения таких оценок. Таким же оказалось соответствие прямых оценок засухоустойчивости в сухие годы и вычисленных по той же формуле для минимальной величины индекса среды.

Таким образом, в результате сравнительного изучения дана характеристика разных способов раздельной оценки потенциалов урожайности и засухоустойчивости генотипов сои. Установлено, что предложенный А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой [100] показатель общей адаптивной способности генотипов отражает в основном уровень потенциала продуктивности и не пригоден для использования в качестве критерия отбора на адаптивность генотипов сои к климату юга России. Широко используемый в разных странах индекс устойчивости генотипов к засухе или другим неблагоприятным условиям можно использовать по назначению только при гарантии отсутствия наследственных различий по потенциалу продуктивности. Если применять этот индекс в процессе селекции в качестве критерия отбора, то могут выбраковываться самые ценные генотипы, сочетающие высокий потенциал продуктивности с высокой устойчивостью к стрессам.

Предложены способы прямых раздельных оценок потенциалов продуктивности и устойчивости, а также вычисления таких оценок регрессионным методом. Показано, что уборочный индекс можно эффективно использовать в процессе селекции сои в качестве критерия отбора как на адаптивность, так и на продуктивность при выращивании селекционного материала на соответствующих фонах.

Использование разработанных критериев для характеристики южнороссийских сортов сои, созданных в разные периоды с 1930 по 2000 гг., показало, что в результате селекции с 1990 года восстанавливался частично

утраченный ранее потенциал урожайности сои, но основным достижением является такое повышение адаптивности сортов к климату юга России, какого не было ни у одного прежде выведенного сорта.

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 ; эквивалента W_i по G.Wricke [399] 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 [304]. 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 как разного типа селекционных, агроэкологических и

государственных испытаниях, так и широкой производственной практикой возделывания на юге России. С этой целью представленные в Таблице 41 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.

В Таблице 43 представлены оценки параметров стабильности и адаптивности 12-ти южнороссийских сортов сои разных периодов селекции. Оказалось, что у сортов, созданных во второй период с 1950 по 1975 гг., по сравнению с сортами первого периода в среднем лишь немного повысился абсолютный показатель нестабильности (S^2_i – экологическая дисперсия i -го генотипа), хотя у сортов 2-го периода значительно снизилась засухоустойчивость. Малые различия по величинам S^2_i этих групп генотипов объясняется тем, что в итоге селекции 2-го периода снизился 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 . Минимальным в среднем параметр S^2_i оказался у сортов 3-го периода селекции сои (1976–1989 гг.). Однако это повышение стабильности оказалось бесполезным для производства, т.к. их урожайность в благоприятные годы оказалась самой низкой, а по урожаям при засухах они не достигли даже уровня сортов первого периода селекции. У сортов 4-го периода селекции (1990–2000 гг.) немного повысилась величина S^2_i за счет значительного увеличения урожайности, а в сочетании это обеспечило минимальные оценки среднего коэффициента вариации, т.е. намного возросла относительная стабильность урожайности в разные по погодным условиям годы в основном за счет меньшего снижения урожаев при засухах.

Таблица 43 – Параметры стабильности и адаптивности южнороссийских сортов сои разных периодов селекции

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

Таким образом, для объяснения причин и практической значимости генотипических различий по величинам параметров S^2_i и CV_i , представленных в Таблице 43, оказалось необходимым постоянно обращаться к данным таблицы 41. Это еще раз подчеркивает важность отдельной оценки каждого сорта, как по потенциалу 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 эквивалент 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 9-ти 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^2d_i . В определенной степени отклонения значений Cd_i от 100 % оказались связанными с варьированием оценок остаточной дисперсии от $S^2d_i = 0,010$ при $Cd_i = 99,2$ % до $S^2d_i = 0,124$ при $Cd_i = 91,5$ %. Для характеристики же адаптивности генотипов обычно намного бóльшее значение придается их различиям по наклонам линий регрессии оценок урожайности на индексы среды. Диапазон изменчивости величин коэффициентов таких регрессий у сортов сои, излучавшихся в экологическом испытании 2001–2009 гг., оказался небольшим – от $b_i = 0,86$ до $b_i = 1,22$.

Для успеха в селекции сои особенно важно разработать критерии, по которым можно выявлять генотипы, отличающиеся уникальным сочетанием высокого потенциала урожайности с высокой устойчивостью к типичным для региона неблагоприятным условиям. Сравнение биометрических оценок стабильности и адаптивности сортов сои, представленных в Таблице 43, позволяет решить, в какой мере пригодны для этого наиболее часто используемые параметры стабильности и адаптивности генотипов. С этой целью следует установить, по величинам каких параметров выделяется сорт Вилана, обладающий таким уникальным сочетанием свойств, благодаря которым он превосходит все южнороссийские сорта сои по относительно стабильно высокой урожайности в условиях юга России. Среди сортов испытания 2001–2009 гг. этот сорт выделился только по минимальной величине коэффициента вариации CV_i . По величине же наиболее часто используемого селекционерами параметра оценки генотипов – коэффициента регрессии на индексы среды Вилана характеризовалась $b_i = 0,90$. Если принять, как рекомендовали авторы метода S.A. Eberhart и W.A. Russell [304], а также D. Jowett [328], что лучший генотип должен иметь величину $b_i = 1,0$, то в этом случае надо было бы по этому критерию отбраковать Вилану, а отобрать менее ценные генотипы Кубанская 4958, Кубанская 276, ВНИИСК 7, Комсомолка, ВНИИМК 8. Величина $b_i = 1,0$ характеризует генотипы, реакция на изменения условий среды у которых равна средней реакции всех изучавшихся в данном экологическом испытании генотипов. Из этого следует, что уникальный генотип не должен обязательно

иметь такую среднюю реакцию на условия испытаний. В России метод Эберхарта и Рассела применяется в основном по его описанию В.З. Пакудиным [189], который считает, что сорта с высоким потенциалом урожайности можно выделять по величинам $b_i > 1,0$, а устойчивые к низкоурожайным условиям – по значениям $b_i < 1,0$. Такой подход также не позволяет выявлять уникальные генотипы, у которых высокий потенциал урожайности сочетается с устойчивостью к неблагоприятным условиям. Для выявления таких генотипов необходимо, как было показано выше, отдельно оценивать потенциал их продуктивности по урожаям в комфортных условиях, а устойчивость к стрессам – по уровням урожайности на стрессовых фонах. При оценках устойчивости уровней урожаев в зависимости от проявления стрессов методами вычисления формальных параметров могут быть отбракованы уникальные генотипы с высокими потенциалами урожайности из-за отклонения их параметров от общих закономерностей.

Исходя из того, что адаптивность сортов к климату юга России обусловлена степенью их устойчивости к засухам июля и августа, мы изучили характер регрессий величин параметра b_i на индексы засухоустойчивости соответствующих сортов сои по данным таблицы 43. Эта зависимость оказалась прямолинейной, отрицательной (Рисунок 28). Следовательно, в условиях данного сортоиспытания сои важной причиной вариации значений b_i являлись различия сортов по степени засухоустойчивости, а значит, и по адаптивности к климату юга России. При этом оказалось, что точки сортов Вилана, Рента и Кубанская 4958 легли выше соответствующих линий регрессий. Обусловлено это высокими потенциалами урожайности этих сортов, реализующимися в благоприятные годы, что искажает оценки индексов засухоустойчивости, которые вычисляются как соотношение урожаев при засухах и при комфортных условиях.

Несмотря на то, что проведенный регрессионный анализ выявил ограничение использования индекса засухоустойчивости, его результаты свидетельствуют о том, что при определенных условиях величина параметра b_i может отражать степень адаптивности генотипа. А поскольку с параметром b_i

тесно коррелируют величины S_i , их тоже можно использовать в таких ситуациях в качестве показателей степени адаптивности генотипа. Однако из приведенных в таблицах данных следует, что при этом сравнивать между собой можно только одинаковые по продолжительности вегетации генотипы.

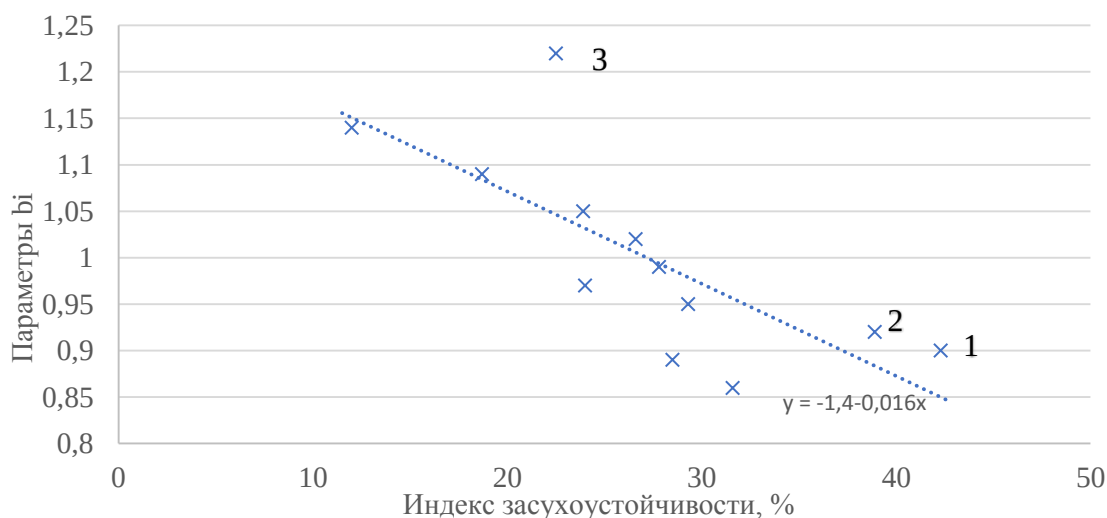


Рисунок 28 – Регрессии значений параметра b_i сортов сои на индексы их засухоустойчивости по данным испытаний 2001–2009 гг. (×). отклоняются от регрессий точки сортов Вилана (1), Рента (2) и Кубанская 4958 (3)

А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева [100] признают невысокую ценность использования в селекции таких параметров как W_i , b_i , S^2d_i , так как с их помощью оценивается лишь степень отличия нормы реагирования на среду i -го генотипа от усредненной нормы реагирования на среду остальных генотипов конкретного экологического испытания. Поэтому они заключают: «Уникальный сорт, сочетающий в себе продуктивность и стабильность в популяции нестабильных генотипов с близкой нормой реагирования на среду, может вносить существенный вклад во взаимодействие генотип $\times$ среда, что поставит под сомнение целесообразность его использования».

Поскольку при оценках генотипов важно правильно понимать, какие их свойства характеризуют разные биометрические параметры, на основании своих экспериментальных данных, представленных в таблице 43, мы провели анализ

ковариации величин b_i и $S_i = \sqrt{S_i^2}$. Полученные результаты показали ошибочность противопоставления этих параметров и справедливость точки зрения, что b_i является параметром стабильности. Оказалось, что коэффициенты корреляции между b_i и S_i положительны и очень высоки ($r = 0,994$ значительно переходят 0,1%-ый уровень существенности). Регрессионный анализ показал, что эта зависимость описывается уравнениями прямой линии, проходящей вблизи начала координат (Рисунок 29).

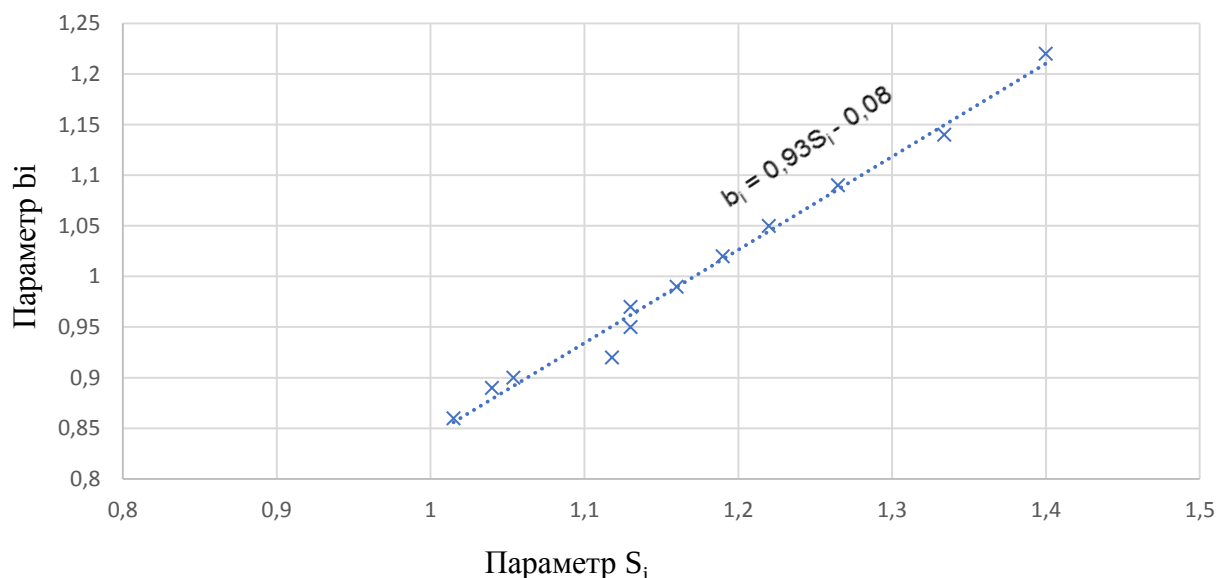


Рисунок 29 – Регрессии значений параметра b_i сортов сои на средовые стандартные отклонения оценок их урожайности S_i по данным испытаний 2001–2009 гг.

Важно выяснить, является ли обнаруженная зависимость (Рисунок 28) только особенностью данных наших испытаний сортов сои или в ее основе лежит фундаментальная причина. С этой целью рассмотрим общую формулу вычисления коэффициента регрессии [204]:

$$b_{y/x} = r \frac{S_y}{S_x} \quad (2),$$

где $b_{y/x}$ – коэффициент регрессии y на x ;

r – коэффициент корреляции между величинами y и x ;

S_y и S_x – стандартные отклонения величин y и x соответственно.

При вычислениях параметра b_i i -го сорта r_i есть корреляция между величинами его урожаев и индексами среды; S_y есть S_i урожаев этого сорта, а S_x – стандартное отклонение индексов среды $x_{.j}$ от центральной средней $\bar{x}$, поэтому S_x одинаково для всех генотипов одной серии испытания, т.е. для них $S_x = \text{const}$. Поэтому различия этих генотипов по значениям b_i обусловлены только величинами S_i и r_i . Судя по величинам коэффициентов корреляции между S_i и b_i и по распределениям точек на рисунке 28, изменчивость b_i определяется в основном вариацией значений S_i , хотя соответствующие величинам Cd_i таблицы 43 коэффициенты корреляции r_i между урожаями i -того 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 [304] с полным основанием определили b_i параметром стабильности, а все иные интерпретации биологического содержания этого параметра нельзя считать обоснованными. Однако у параметра b_i есть преимущество по сравнению с использованием S_i или S_i^2 : 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.

Во многих публикациях величина коэффициента регрессии оценок урожайности i -того генотипа на индексы среды b_i расценивается как показатель степени отзывчивости этого генотипа на благоприятные условия возделывания. Однако R.M. Habgood [317] писал, что одинаково правильно считать параметр b_i индикатором нежелательной для селекционера восприимчивости генотипа к стрессам, если нет доказательств, что в конкретном испытании проявился положительный отклик на благоприятные условия. Например, исследованиями А.Б. Дьяков и др. [63; 64] было установлено, что значения b_i для оценок урожайности гибридов и сортов подсолнечника тесно коррелировали с

показателями степени восприимчивости их растений к поражению фомопсисом. Поскольку причиной наследственных различий по адаптивности является в основном разнообразие генотипов по степени устойчивости к основным абиотическим и биотическим стрессам конкретного местообитания, величина параметра b_i должна отражать степень адаптивности в тех случаях, когда регрессия оценок урожайности i -го генотипа на индексы среды обусловлена его реакцией на неодинаковую степень проявления стресс-фактора в разных опытах экологического сортоиспытания.

Таким образом, доказана ошибочность представления о принципиальных различиях методов оценки взаимодействия генотип – среда величинами экологических стандартных отклонений S_i и коэффициентов регрессии оценок урожайности на индексы среды b_i .

Оба параметра можно использовать для оценки отзывчивости сортов, если установлено, что главной причиной средовой вариации урожаев в опытах экологического испытания являлась реакция генотипов на разные уровни благоприятности условий внешней среды.

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

С.В. Борович считал, что эффективность отбора зависит от уровня частоты проявления гена, на который он протекает, от эффекта гена и интенсивности самого отбора [23]. Нет четко установленного правила отбора родоначальных растений из популяции самоопылителей в определенном поколении. Как правило, в крупных селекционных программах в старшие питомники, где можно оценить продуктивность на делянках с повторностями и защитными рядами, попадают генотипы разных поколений. Зачастую селекционеры проводят отборы пока потомство не будет максимально гомозиготным. Так, Ю.Л. Гужов рекомендует пересевать гибридные популяции до F_5 – F_6 [46], селекционеры из ВНИИ сои в селекционном питомнике испытывают линии начиная с F_7 , указывая, что расщепление по морфологическим и хозяйственно ценным признакам в отдельных популяциях сои может продолжаться довольно длительное время — до F_{12} и в более поздних поколениях, при этом возможно обнаружение перспективных высокопродуктивных генотипов — родоначальников новых сортов до F_{17} [254].

С.В. Борович свою очередь отмечал, что гетерогенные сорта в худших условиях или при возделывании в различных агроэкологических условиях имеют преимущества перед гомогенными сортами, которые предпочтительнее выращивать в благоприятных или оптимальных условиях для проявления максимального генетического потенциала продуктивности [23]. Соответственно успех будет зависеть от времени, в течение которого можно достигнуть гомозиготности по признакам, требующим улучшения, а это обусловлено числом и действием генов, контролирующих данные признаки [23; 80]. 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 % [80].

В ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК было установлено, что оптимальным является пересев гибридных популяций до F_4 [80; 118]. Установлено это было с целью сокращения сроков создания сортов, так как в селекционном питомнике линии F_5 уже достаточно выравнены по основным хозяйственно ценным признакам, а задачи создания генетически однородных сортов не стояло [118]. Хотя надо отметить, что встречаются комбинации, когда такие простые признаки, как окраска опушения или венчика, расщепляются в поколениях выше F_7 .

Целью данного эксперимента было сравнение линий сои по урожайности семян, отобранных в разных поколениях гибридного питомника от F_3 до F_6 . Для этого в четырех гибридных комбинациях лучшие максимально визуальное выравненные линии отбирались в каждом поколении. Селекционный отбор велся по методу Педигри. Затем в течение двух лет отобранные линии высевались на пятирядных делянках с защитными рядами в трехкратной повторности по типу питомника предварительного сортоиспытания. Условия 2013 и 2014 годов отличались недостаточным увлажнением, ГТК 2013 года составил 0,795, 2014 – 0,774.

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 . Как и следовало ожидать не все линии оказались константны по простым признакам, таким как окраска опушения и венчика (Таблица 44). В двух гибридных комбинациях у одной из родительских линий окраска опушения была рыжей. Остальные генотипы характеризовались серым опушением. Окраска венчика в каждой комбинации отличалась у родительских компонентов. В итоге среди линий, отобранных в F_3 в трех комбинациях, 50–75 % линий были гетерогенны по этим признакам, и только в комбинации Диана×Быстрица 2 расщепления не наблюдали (Таблица 45). Следует отметить, что эта комбинация отличалась морфологической однородностью и из 19 изучаемых линий только одна расщеплялась по окраске венчика. В комбинации Диана×Maple Glen 50 % линий, отобранных в F_3 и F_4 , расщеплялись по окраске венчика, в комбинации Голдор×Л-663 кроме расщепляющейся линии в F_3 еще одна расщеплялась в F_5 по окраске венчика и опушения. Самая

нестабильная комбинация оказалась Л-71×Базалия, у нее из 20 изучаемых линий 40 % расщеплялось, из них две из трех в F₃, четыре из пяти в F₄, по одной из шести в F₅ и F₆.

Таблица 44 – Окраска опушения и венчика генотипов сои, включенных в гибридизацию (2013–2014 гг.)

Сорт/линия	Окраска опушения	Окраска венчика
Голдор	рыжая	белая
Л-663	серая	фиолетовая
Л-71	серая	белая
Базалия	серая	фиолетовая
Диана	серая	фиолетовая
Быстрица 2	рыжая	белая
Maple Glen	серая	белая

Таблица 45 – Урожайность линий сои, отобранных в разных поколениях гибридного питомника, т/га

Поколение	Расщепление	2013 г.	2014 г.	Среднее за 2013-201 гг.
1	2	3	4	5
Голдор×Л-663 (1)				
F ₃	-	2,34	2,30	2,32
	расщепляется по венчику и опушению	2,00	1,16	1,58
средняя	-	-	-	1,95
F ₄	-	2,14	0,95	1,55
	-	2,04	1,65	1,85
средняя	-			1,47
F ₅	-	1,76	1,93	1,84
	расщепляется по венчику и опушению	1,83	1,86	1,84
	-	1,96	2,15	2,05
	-	2,06	1,14	1,60
	-	2,12	1,76	1,94
	-	2,29	1,26	1,77
средняя	-	-	-	1,84
	-	-	-	-
F ₆	-	1,74	1,38	1,56
	-	2,59	2,18	2,39

Продолжение таблицы 45

	2	3	4	5
	-	2,38	1,95	2,17
	-	1,73	1,65	1,69
	-	1,82	1,42	1,62
	-	2,07	1,57	1,82
средняя	-			1,87
НСР ₀₅	-	0,35	0,42	0,28
Л-71×Базалия (2)				
F ₃	-	2,24	1,30	1,77
	расщепляется по венчику	2,15	1,64	1,89
	расщепляется по венчику	2,15	1,48	1,82
	-	1,83	1,42	1,62
средняя	-	-	-	1,78
F ₄	расщепляется по венчику	1,89	1,31	1,60
	расщепляется по венчику	2,27	1,79	2,03
	расщепляется по венчику	2,21	1,91	2,06
	-	2,31	1,77	2,04
	расщепляется по венчику	2,21	1,63	1,92
средняя	-	-	-	1,93
F ₅	-	2,10	1,60	1,85
	расщепляется по венчику	2,00	1,84	1,92
	-	2,24	1,71	1,97
	-	2,08	1,48	1,78
	-	2,13	1,38	1,75
	-	2,10	1,60	1,85
средняя	-	-	-	1,85
F ₆	-	1,67	1,83	1,75
	-	2,27	1,12	1,70
	-	2,44	1,11	1,78
	расщепляется по венчику	1,89	0,83	1,36
	-	2,03	0,82	1,43
	-	2,23	1,55	1,89
средняя	-	-	-	1,65
НСР ₀₅	-	0,32	0,39	0,25

1	2	3	4	5
Диана×Быстрица 2 (3)				
F₃	-	2,54	1,82	2,18
	-	2,46	1,53	2,00
	-	1,70	1,74	1,72
средняя	-	-	-	1,97
F₄	-	2,33	1,64	1,99
	-	2,15	1,41	1,78
	-	2,48	1,71	2,09
средняя	-	-	-	1,95
F₅	-	2,24	1,58	1,91
	-	2,18	1,31	1,75
	-	2,18	1,11	1,64
	-	2,55	1,37	1,96
	-	2,64	1,77	2,21
	-	2,04	1,00	1,52
	-	2,16	1,38	1,77
средняя	-	-	-	1,82
F₆	-	2,39	1,23	1,81
	-	2,50	1,92	2,21
	-	2,49	1,97	2,23
	расщепляется по венчику	2,09	1,17	1,63
	-	2,34	2,10	2,22
	-	2,36	1,95	2,15
	-	2,15	1,96	2,06
средняя	-	-	-	2,04
НСР ₀₅	-	0,28	0,32	0,21
Диана×Maple Glen (4)				
F₃	-	2,67	2,12	2,40
	расщепляется по венчику	2,40	2,11	2,25
средняя	-	-	-	2,33
F₄	расщепляется по венчику	2,34	1,52	1,93
	-	2,43	1,85	2,14
	расщепляется по венчику	2,37	1,89	2,13
	-	2,32	1,46	1,89
средняя	-	-	-	2,02
F₅	-	2,45	1,68	2,07
	-	2,47	1,70	2,08

Продолжение таблицы 45

	2	3	4	5
	-	2,53	1,87	2,20
	-	2,71	1,99	2,35
	-	2,21	1,61	1,91
	-	1,63	1,34	1,49
	-	2,32	1,41	1,86
средняя	-	-	-	1,99
F₆	-	1,86	1,55	1,71
	-	2,25	1,78	2,02
	-	2,21	1,65	1,93
	-	2,45	1,72	2,08
	-	2,03	1,67	1,85
	-	1,81	1,46	1,64
средняя	-	-	-	1,87
НСР ₀₅	-	0,21	0,45	0,25

Наивысшая средняя урожайность линий за два года была у комбинации № 4 Диана×Maple Glen (далее № 4) и составила 2,0 т/га, на 0,06 т/га меньше получено у комбинации № 3 Диана×Быстрица 2 (далее № 3). У комбинации № 1 Голдор×Л-663 (далее № 1) урожайность составила 1,85 т/га, и наименьшее количество семян было получено на линиях комбинации № 2 Л-71×Базалия (далее № 2) – 1,80 т/га. Поскольку потенциал продуктивности комбинаций был разным, сравнение эффективности отбора в разных поколениях проводился среди линий каждой популяции отдельно.

Отбор линий в комбинации № 2 оказался наиболее эффективным в F₄. Средняя урожайность пяти линий составила 1,93 т/га. Однако следует отметить, что только одна линия из выделившихся в F₄ и во всей комбинации по высокой урожайности не расщеплялась по венчику. Большинство линий, отобранных в F₆, были достоверно ниже по урожайности, их средняя урожайность составила 1,65 т/га.

Иная картина наблюдалась в комбинации № 1. Достоверно лучшими были две линии с урожайностью 2,39 и 2,32 т/га, отобранные соответственно в F₆ и F₃. Обе линии были константны по оцениваемым простым морфологическим признакам. Еще две линии из F₅ и F₆ формировали урожай в пределах ошибки опыта – 2,05 и 2,17 т/га по сравнению с лучшими генотипами, остальные линии

были достоверно ниже по урожайности семян. Самую низкую продуктивность формировали линии, отобранные в F_4 , – 1,47 т/га.

В комбинации № 3 выделили шесть линий, по одной из поколений F_3 и F_5 , четыре из F_6 . Соответственно средняя урожайность линий, отобранных среди высеянных в F_6 , составила 2,04 т/га, в то время как линии из F_5 накапливали меньшего всего семян – 1,82 т/га.

В самой продуктивной комбинации № 4 выделились четыре линии: две из F_3 и две из F_5 . Самая продуктивная линия была выделена в поколении F_3 и оказалась морфологически выровнена. Меньше остальных урожайность семян сформировали линии, отобранные в F_6 , в среднем на 0,46 т/га меньше, чем линии из F_3 .

В среднем по всем комбинациям выделили 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 2,29; 2,04; 2,25 и 2,24 т/га. Расщеплялись две линии из F_4 и одна из F_3 . При этом в изучении всего участвовало линий, отобранных в F_3 – 11, в F_4 – 14, в F_5 – 26 и F_6 – 25.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об отсутствии четкой закономерности преимущества отбора только из определенного поколения. Заслуживает особого внимания отбор в поколении F_3 . Линии, 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 линий, начиная с поколения F_3 , в случае возможности увеличения объема работ по обмолоту индивидуальных растений и подготовки их к посеву. Также рекомендуется высеивать растения по методу Педигри среди лучших отобранных комбинаций F_2 . В селекционном питомнике следует 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 году.

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 высокими компенсаторными способностями, что позволяет получать высокий урожай в большом диапазоне густот стояния растений. Это свойство полезно при получении изреженных посевов вследствие засорения сорняками, низкой всхожести семян сои и других неблагоприятных факторах. Способность большинства сортов сои к ветвлению позволяет использовать дополнительную площадь питания для формирования дополнительных продуктивных ветвей. Следует отметить, что слишком сильное изреживание посевов может приводить к расположению крупных нижних ветвей на почве, что вместе с толстым стеблем приводит к заболеванию растений и снижению продуктивности. С точки зрения селекционной работы, в случае получения изреженных посевов встает вопрос, на сколько эффективен отбор в таком случае. 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 физиолого-морфологического показателя – уборочного индекса (отношение массы семян к общей биомассе растения) в качестве стабильного критерия оценки сортовой реакции на различные агроэкологические условия и пространственную структуру посева.

С учетом различий в габитусе, потенциальной продуктивности и засухоустойчивости сортов, важно установить, насколько уборочный индекс отражает способность генотипов к эффективному перераспределению ассимилятов в семена при изменении густоты стояния растений и уровня влагообеспечения. Таким образом, целью исследований являлось изучение изменения уборочного индекса различных сортов сои в зависимости от густоты стояния растений в условиях контрастного водного режима и определение

возможности его использования в качестве селекционного критерия оценки продуктивности генотипов в широком диапазоне густоты стояния растений.

Нами был проведен опыт на достаточно хорошо изученной группе среднераннеспелых сортов, представляющих сортосмену за 70 лет. Тринадцать сортов высевали из расчета получения 100, 300 и 600 тысяч растений на гектар в 2003 и 2004 гг. Условия вегетационного периода 2004 года характеризовались как благоприятные, 2003 г., как было отмечено ранее, неблагоприятные. За май-август в 2003 г. выпало всего 116,6 мм осадков, в то время как в 2004 г. – 345,7 мм. Это, безусловно, сказалось на урожайности, которая при оптимальной густоте стояния растений (300 тыс. га) была на 42,1 % ниже в засушливом году и составила 2,04 т/га.

Фактическая густота стояния растений отличалась от запланированной к уборке, но в разных вариантах неодинаково. При посеве 300 тыс.шт.семян/га к уборке в среднем за два года сохранилось 90 % растений, что является нормой уменьшения количества растений при уходе за посевами. Реакция же на загущенный и разреженный посев была практически одинаковой. Так, при высеве 600 тыс. шт. семян на гектар к уборке сохранялось 69 % растений, а при высеве из расчета 100 тыс. растений на гектар – 72 %. Поскольку эта тенденция сохранялась в оба года с небольшими отличиями, можно предположить, что в разреженном посеве растения болели сильнее и часть из них не достигли созревания, а в загущенном посеве конкуренция за ресурсы среды позволяла дойти до созревания только определенному количеству растений (Приложение Б.1).

В целом средняя фактическая густота стояния растений составила соответственно 72, 269 и 412 тыс.шт.раст./га. Такие отличия позволили растениям накопить разное количество биомассы. Большинство сортов сформировали достоверно бóльший биологический урожай при максимальной густоте стояния растений (Таблица 46, Приложение Б.2). 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.

Таблица 46 – Биомасса растений сортов сои разных периодов селекции при различной запланированной густоте стояния растений, г/м² (среднее за 2003–2004 гг.)

Сорт	Густота стояния растений, тыс.шт./га		
	100	300	600
Кубанская 276	644,6	656,3	711,4
Кубанская 4958	728,3	772,3	749,2
ВНИИМК 9186	650,3	699,9	731,3
ВНИИСК 7	632,9	643,1	727,2
Комсомолка	698,5	775,8	755,4
ВНИИМК 8	748,9	841,7	861,1
Кубань	629,0	666,2	754,3
Пламя	704,8	714,7	687,1
ВНИИМК 3895	534,8	665,6	712,8
ВНИИМК 20	627,6	645,2	686,2
Лань	680,4	668,0	761,8
Вилана	673,2	724,9	775,2
Рента	688,0	754,7	807,2
НСР ₀₅ А (сорт)	45,0		
НСР ₀₅ В (густота)	21,6		
НСР ₀₅ С (год)	17,6		

Максимальная биологическая урожайность не стала следствием 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 (Таблица 47, Приложение Б.3). Из сортов, положительно реагирующих на загущение, выделились сорта 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 (высоте растений, высоте прикрепления нижнего боба, количеству ветвей) [162]

можно сделать вывод, что это является особенностью генотипа. При этом отмечаем, что большинство сортов при разреженном посеве снижают урожайность семян, в среднем эта величина в опыте составила 9,3 %.

Таблица 47 – Урожайность семян растений сортов сои разных периодов селекции при различной запланированной густоте стояния растений, г/м² (среднее за 2003–2004 гг.)

Сорт	Густота стояния растений, тыс.шт./га		
	100	300	600
Кубанская 276	283	302	312
Кубанская 4958	298	340	325
ВНИИМК 9186	281	308	308
ВНИИСК 7	255	285	297
Комсомолка	248	285	267
ВНИИМК 8	244	299	291
Кубань	253	257	289
Пламя	206	214	207
ВНИИМК 3895	220	265	275
ВНИИМК 20	254	266	275
Лань	287	274	307
Вилана	297	336	340
Рента	286	328	335
НСР 05 А (сорт)	19,8		
НСР 05 В (густота)	9,5		
НСР 05 С (год)	7,8		

Важно было понять, насколько изменяется способность растений направлять пластические вещества из вегетативных органов в генеративные на фоне различий. По достигнутой густоте стояния растений в 5,7 раза (472 %), по биомассе на 12,5 % и урожайности семян на 12,2 %. Эти отличия оказались хоть и существенными по величине наименьшей существенной разницы, в абсолютном выражении максимальные отличия (доля семян в общей биомассе) в среднем за два года составили – 4 % (Таблица 48). 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 сортов – 2 %. Отмечена общая тенденция – максимальный уборочный индекс у десяти сортов был при оптимальной густоте стояния растений,

у трех сортов – в разреженном посеве. Полученные отличия на 60,2 % обусловлены генетическими различиями сортов, густота стояния растений влияла лишь на 3,3 %, а условия года – на 1,7 %.

Таблица 48 – Уборочный индекс у сортов сои разных периодов селекции при различной запланированной густоте стояния растений (среднее за 2003–2004 гг.)

Сорт	Густота стояния растений, тыс.шт./га		
	100	300	600
Кубанская 276	0,44	0,46	0,44
Кубанская 4958	0,41	0,44	0,43
ВНИИМК 9186	0,43	0,44	0,42
ВНИИСК 7	0,40	0,44	0,41
Комсомолка	0,35	0,37	0,35
ВНИИМК 8	0,33	0,35	0,34
Кубань	0,40	0,39	0,38
Пламя	0,29	0,30	0,30
ВНИИМК 3895	0,41	0,40	0,39
ВНИИМК 20	0,40	0,41	0,40
Лань	0,42	0,41	0,40
Вилана	0,44	0,46	0,44
Рента	0,42	0,43	0,42
НСР 05 А (сорт)	0,01		
НСР 05 В (густота)	0,01		
НСР 05 С (год)	0,01		

Детальный анализ изменчивости уборочного индекса в зависимости от условий влагообеспеченности показал, что в условиях засухи 2003 года он у 11 сортов из 13 в разреженном посеве был значительно ниже, чем при оптимальной густоте стояния растений (Таблица 49). Максимальные отличия составили 0,10 или 10 % у самых «старых» сортов Кубанская 276 и Кубанская 4958. Снижение доли семян в общей массе растений демонстрирует невозможность обеспечивать формирование генеративных органов в условиях дефицита влаги и поддерживать избыточную вегетативную массу. Низкоурожайные сорта с большим количеством ветвей и детерминантным типом роста (Кубань и ВНИИМК 3895) на фоне низкой биологической массы не снижали уборочный индекс в засушливых условиях при разреженном посеве. Самый продуктивный сорт Вилана снизил уборочный

индекс довольно существенно – на 0,07, тем не менее уборочный индекс у этого сорта был самым высоким в опыте – 0,45. Вместе с сортом Вилана, высокопродуктивные сорта Лань и Рента демонстрировали наивысший уборочный индекс при разреженном посеве, что на фоне невысокой биомассы свидетельствует об их оптимальном развитии в условиях засухи (Приложение Б.4).

Таблица 49 – Уборочный индекс сортов сои разных периодов селекции при различной запланированной густоте стояния растений (2003 г.)

Сорт	Густота стояния растений		
	100 тыс.шт./га	300 тыс.шт./га	600 тыс.шт./га
Кубанская 276	0,39	0,49	0,49
Кубанская 4958	0,34	0,44	0,41
ВНИИМК 9186	0,39	0,42	0,41
ВНИИСК 7	0,35	0,43	0,41
Комсомолка	0,27	0,32	0,30
ВНИИМК 8	0,32	0,40	0,33
Кубань	0,33	0,33	0,34
Пламя	0,23	0,27	0,24
ВНИИМК 3895	0,39	0,37	0,38
ВНИИМК 20	0,38	0,43	0,39
Лань	0,42	0,45	0,44
Вилана	0,45	0,52	0,48
Рента	0,43	0,48	0,46

Иная тенденция по величине уборочного индекса отмечена в благоприятном по влагообеспеченности 2004 году (Таблица 50, Приложение Б.4). У пяти сортов (Кубанская 276, ВНИИМК 9186, Кубань, ВНИИМК 3895 и Лань) максимальный уборочный индекс был в разреженном посеве. Три сорта (Комсомолка, ВНИИМК 20 и Вилана) формировали одинаковую долю семян в общей биомассе в разреженном и оптимальном по густоте стояния растений посевах. Сорт Пламя отличался одинаковым уборочным индексом в разреженном и уплотненном посевах, а ВНИИМК 8 – в оптимальном и загущенном. ВНИИСК 7 и Рента максимальную долю семян накапливали при оптимальной густоте стояния растений. Только сорт Кубанская 4958 формировал бóльшую долю семян при загущении растений. Ранги сортов при различной густоте стояния растений

несколько менялись. В разреженном посеве максимальный уборочный индекс отмечался у сортов Кубанская 276, ВНИИМК 9186 и Вилана. При оптимальной густоте стояния растений у Кубанская 276, ВНИИМК 9186 и ВНИИСК 7, а в загущенном посеве – у сортов Кубанская 4958, ВНИИМК 9186 и Вилана.

Таблица 50 – Уборочный индекс сортов сои разных периодов селекции при различной запланированной густоте стояния растений (2004 г.)

Сорт	Густота стояния растений		
	100 тыс.шт./га	300 тыс.шт./га	600 тыс.шт./га
Кубанская 276	0,46	0,45	0,41
Кубанская 4958	0,44	0,44	0,45
ВНИИМК 9186	0,46	0,45	0,43
ВНИИСК 7	0,43	0,45	0,41
Комсомолка	0,39	0,39	0,38
ВНИИМК 8	0,33	0,34	0,34
Кубань	0,43	0,41	0,41
Пламя	0,33	0,31	0,33
ВНИИМК 3895	0,42	0,41	0,39
ВНИИМК 20	0,41	0,41	0,40
Лань	0,42	0,39	0,39
Вилана	0,44	0,44	0,42
Рента	0,41	0,42	0,39

Таким образом, сорт ВНИИМК 9186 на фоне невысокой биомассы эффективно перераспределял пластические вещества в пользу семян при любой густоте стояния растений, сорта Кубанская 276 и Вилана – при двух густотах.

Различная реакция генотипов на условия влагообеспеченности и густоту стояния растений позволили нам проверить зависимость изучаемых показателей и их влияние на продуктивность растений. Корреляционная зависимость урожая семян от уборочного индекса в засушливых условиях усиливалась с увеличением густоты стояния растений (Таблица 51) от 0,898 до 0,924. Зависимость от биомассы в этих условиях была несущественной и закономерно уменьшалась при загущении посевов. В благоприятном по влагообеспеченности 2004 году 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.

Таблица 51 – Коэффициенты корреляции между урожайностью семян и некоторыми признаками при разной запланированной густоте стояния растений

Год	Показатель	Густота стояния растений		
		100 тыс.шт./га	300 тыс.шт./га	600 тыс.шт./га
2003	Биомасса	0,309	0,290	0,212
	Уборочный индекс	0,898***	0,900***	0,924***
2004	Биомасса	-0,542	-0,435	-0,175
	Уборочный индекс	0,525	0,600	0,714*

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

Уборочный индекс в благоприятном по влагообеспеченности 2004 году на фоне существенного влияния на конечную продуктивность растений зависел и от количества накопленной биомассы (Таблица 52). Тенденция с увеличением этих зависимостей была одинаковой – чем гуще посев, тем сильнее связь.

Таблица 52 – Коэффициенты корреляции между биомассой растений и уборочным индексом при разной запланированной густоте стояния растений

Год	Густота стояния растений		
	100 тыс.шт./га	300 тыс.шт./га	600 тыс.шт./га
2003	-0,137	-0,151	-0,174
2004	0,425	0,454	0,562

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

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 конкуренция оказывает влияние на продуктивность растений как между соседними рядами, так и внутри популяции [393]. Нет однозначного мнения исследователей между конкурентоспособностью и потенциальной высокой продуктивностью. Одни авторы считают, что существует отрицательная корреляция между этими двумя параметрами [264], другие, напротив, считают, что низкоурожайные генотипы как правило характеризуются низкой конкурентоспособностью [232].

В целом межгенотипическая конкуренция осложняет отбор потенциально высокопродуктивных генотипов в гибридном питомнике. Одним из потенциально стабильных показателей, позволяющих оценивать реакцию генотипов на межгенотипическую конкуренцию, может являться уборочный индекс. На хорошо изученной группе сортов мы оценивали изменение уборочного индекса в монопосеве и в смеси с одним из самых высокоурожайных и распространенных среднераннеспелым сортом сои Виланой. Таким образом мы могли оценить реакцию сортов с разным потенциалом продуктивности.

Опыт проводился в условиях 2003 и 2004 гг. на том же наборе среднеранних генотипов сои, что и изучение изменения уборочного индекса в зависимости от густоты стояния растений. Были заложены делянки с каждым сортом по отдельности (монопосев) и каждый в смеси с сортом Вилана в соотношении один к одному.

Сорта по-разному реагировали на выращивание в смеси и монопосеве в среднем за два года (Таблица 53). При сравнении сортов по накоплению биомассы в монопосеве преимущество демонстрировал сорт Комсомолка. Сорта ВНИИМК 8, Кубанская 4958 и Пламя формировали к уборке пластических веществ на уровне сорта Комсомолка. Остальные сорта уступали по этому признаку вышеперечисленным. В смеси с сортом Вилана преимущества оставались у сортов Комсомолка, ВНИИМК 8 и Пламя. Сорт Кубанская 4958 формировал

биомассу на среднем уровне в опыте. Меньше остальных сортов пластические вещества накапливал сорт Кубанская 276 в смеси с Виланой.

Таблица 53 – Биомасса, урожайность и уборочный индекс у сортов сои при выращивании в монокультуре и в парных смесях с сортом Вилана (среднее за 2003–2004 гг.)

Сорт	Урожайность, г/м ²		Биомасса, г/м ²		Уборочный индекс	
	смесь с сортом Вилана	моно- посев	смесь с сортом Вилана	монопосев	смесь с сортом Вилана	монопосев
Кубанская 276	220	299	479	598	0,45	0,46
Кубанская 4958	276	335	651	700	0,43	0,45
ВНИИМК 9186	251	298	572	647	0,44	0,43
ВНИИСК 7	246	271	572	605	0,44	0,43
Комсомолка	315	275	802	745	0,39	0,37
ВНИИМК 8	304	288	855	736	0,36	0,37
Кубань	291	242	720	584	0,40	0,37
Пламя	241	204	793	676	0,30	0,29
ВНИИМК 3895	290	255	652	588	0,45	0,40
ВНИИМК 20	246	258	589	605	0,42	0,40
Лань	300	282	673	622	0,45	0,42
Рента	291	324	663	627	0,43	0,44
НСР ₀₅	32,6	30,6	75,1	76,8	0,02	0,03
НСР ₀₅ А (сорт)	23,7		56,2		0,02	
НСР ₀₅ В (монопосев/ смесь)	$F_{\phi} < F_T$		$F_{\phi} < F_T$		$F_{\phi} < F_T$	
НСР ₀₅ С (год)	9,7		22,9		0,01	
Для взаимо- действия АВ	33,6		79,5			

По урожайности семян в монопосеве выделялись сорта Кубанская 4958 и Рента с массой семян 335 и 324 г/м², а в смеси с Виланой – Комсомолка, ВНИИМК 8, Лань, Рента и ВНИИМК 3895, сформировавших 290–315 грамм семян на 1 м². Меньше остальных в смеси с Виланой сформировали семена сорта Кубанская 276, Пламя, ВНИИСК 7, ВНИИМК 20 и ВНИИМК 9186 – 220–251 г/м².

Донорно–акцепторные отношения между семенами и биомассой растений позволяли сортам Кубанская 276, Лань, ВНИИМК 3895, ВНИИМК 9186, ВНИИСК 7, Кубанская 4958 и Рента направлять 43–45 % накопленных веществ в семена при выращивании в смеси с сортом Вилана. В монопосеве 43–46 % составляла доля семян у вышеперечисленных сортов, кроме ВНИИМК 3895 и Лань. Наименьший уборочный индекс отмечен у сорта Пламя и в монопосеве, и в смеси с сортом Вилана.

Проведенный трехфакторный анализ демонстрирует отсутствие различий между сортами, выращенными в монопосеве и в смеси с Виланой по всем анализируемым показателям, то есть по биомассе, урожаю семян и уборочному индексу.

Анализируя данные, полученные по сорту Вилана, отмечено снижение биологического урожая и урожая семян относительно монопосева этого сорта в смеси с сортами Комсомолка, ВНИИМК 8, Кубань и Пламя (Таблица 54). Рядом с сильно снижавшим значения биомассы и урожая семян сортом Кубанская 276, сорт Вилана формировал максимальную биомассу в опыте. Что же касается доли семян в общей биомассе, то в монопосеве 48 % пластических веществ приходилось на семена, в смеси с сортами этот показатель варьировал от 44 до 47 %, достоверно уступая по доле семян при посеве в смеси с сортами Комсомолка, ВНИИМК 8, Пламя и Рента.

Сопоставление взаимосвязи изучаемых показателей между собой в монопосеве и смеси свидетельствует о хорошей сопоставимости уборочного индекса в оба года исследований (Таблица 55). При этом в засушливом 2003 году эта связь близка к функциональной ($r = 0,909$), а в очень благоприятном по влагообеспеченности 2004 г. существенна на 0,1%-ном уровне значимости ($r = 0,700$), что свидетельствует о малой изменчивости уборочного индекса в условиях межгенотипической конкуренции при любых уровнях обеспеченности влагой.

Таблица 54 – Биомасса, урожайность и уборочный индекс у сорта сои Вилана при выращивании в монокультуре и в парных смесях (среднее за 2003–2004 гг.)

Сорт	Урожайность, г/м ²		Биомасса, г/м ²		Уборочный индекс	
	смесь с сортом	монопосев сорта Вилана	смесь с сортом	монопосев сорта Вилана	смесь с сортом	монопосев сорта Вилана
Кубанская 276	364	329	792	675	0,46	0,48
Кубанская 4958	334		704		0,47	
ВНИИМК 9186	322		697		0,46	
ВНИИСК 7	331		715		0,46	
Комсомолка	254		570		0,45	
ВНИИМК 8	242		549		0,44	
Кубань	250		543		0,46	
Пламя	226		521		0,44	
ВНИИМК 3895	287		616		0,46	
ВНИИМК 20	326		691		0,47	
Лань	296		640		0,46	
Рента	309		714		0,45	
НСР ₀₅	43,7		77,8		0,02	

Таблица 55 – Коэффициенты корреляции между некоторыми показателями в разные по влагообеспеченности годы

Показатель		Монопосев		
		Биомасса	Урожайность	Уборочный индекс
Смесь сортов	2003 г. (засушливый)			
	Биомасса	0,602*	-	-
	Урожайность	-	0,536	-
	Уборочный индекс	-	-	0,909***
	2004 г. (благоприятный)			
	Биомасса	0,723**	-	-
	Урожайность	-	-0,009	-
	Уборочный индекс	-	-	0,700**

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

Высокая взаимосвязь отмечена и между биомассой в смеси и монопосеве, превышая в оба года 0,1 %-ный уровень значимости. 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 потомств 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 однорядных) делянках вынужденная мера, связанная с ограниченным количеством семян [235].

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 исследованиях использовали урожайные данные, полученные в 2011–2014 годах в селекционном питомнике и конкурсном испытании ВНИИ масличных культур им. В. С. Пустовойта. Ежегодно в конкурсном испытании оценивали 60 сортов, в селекционном питомнике 3000–6000 линий, из которых убирали и анализировали 300–1000 линий.

Согласно используемой в институте методике в селекционном питомнике (СП) в 2007–2010 годах, в зависимости от наличия семян, материал оценивали на однорядных и двурядных делянках без защитных рядов и повторностей, площадью 1,75–3,5 м². Начиная с 2011 года, в связи с увеличением числа испытываемых линий, в СП использовали только однорядные делянки площадью 1,75 м². В конкурсном испытании (КСИ) во все годы оценку сортов проводили на больших 4-рядных делянках ($S=28,0$ м²) с защитными рядами в 4-кратной повторности. Уборку растений в КСИ проводили селекционным комбайном, в СП растения срезали вручную на уровне почвы, затем обмолачивали и

взвешивали семена. Начиная с 2007 года снопы высушивали в поле, перед обмолотом их взвешивали, после обмолота определяли массу семян. Уборочный индекс рассчитывали, как отношение массы семян к массе снопа [235].

Анализ результатов оценки селекционного материала заключался в сопоставлении урожайности сортов конкурного испытания с урожайностью и уборочным индексом их исходных линий в селекционном питомнике. Степень соответствия урожаев определяли с помощью коэффициента корреляции Пирсона [235; 250].

Анализ данных за 2011–2014 гг. показывает, что в одинаковых условиях, т.е. в пределах одного полевого сезона, оценки урожайности селекционного материала на однорядных делянках селекционного питомника завышены по сравнению с конкурсным сортоиспытанием в среднем на 27,6 % (Таблица 56). По годам минимальное превышение средней урожайности селекционного питомника колебалось от 19,1 % (в 2013 г.) до 37,2 % (в 2011 г.). При этом, как показывают данные, пределы варьирования урожайности на однорядных делянках значительно выше, чем на многорядных. Так, например, разница между максимальной и минимальной урожайностью на делянках селекционного питомника по годам составляла 2,81–3,42 т/га (в среднем 3,24 т/га), в то время как на делянках конкурсного испытания не превышала 1,91 т/га (в среднем 1,56 т/га) [235].

Таблица 56 – Соотношение оценок урожайности сои на разных этапах селекционного процесса

Питомник	Год	Средняя урожайность семян, т/га	Превышение урожайности СП над КСИ, %	Диапазон урожайности семян, т/га	Разница между максимальной и минимальной урожайностью, т/га
СП	2011	2,03	37,2	1,04–3,97	2,93
	2012	3,44	29,8	2,08–4,89	2,81
	2013	2,93	19,1	1,37–5,18	3,81
	2014	3,08	28,3	1,70–5,12	3,42
КСИ	2011	1,48	-	0,46–1,86	1,40
	2012	2,65	-	1,43–3,34	1,91
	2013	2,46	-	1,54–2,91	1,37
	2014	2,40	-	1,42–2,97	1,55

Присвоение рангов лет испытаний по средней урожайности в конкурсном испытании от большей урожайности к меньшей в сравнении с селекционным питомником демонстрирует, что минимальная и максимальная урожайность была отмечена в одинаковые годы – 2011 и 2012 гг. соответственно. При этом в 2013 и 2014 гг. отмечены различия. Вторая по величине урожайность была отмечена в конкурсном сортоиспытании в 2013 году, а в селекционном питомнике в 2014 г.

Безусловно, одним из существенных факторов, обуславливающих более значительный диапазон варьирования урожайности в селекционном питомнике, является бóльшая численность оцениваемого материала, однако не меньшее значение принадлежит и конкурентным взаимоотношениям генотипов, о чем свидетельствуют нереально высокие урожаи семян, получаемые на однорядных делянках. Так, максимальные урожаи семян в селекционном питомнике в анализируемые годы достигали 3,97–5,18 т/га, для сравнения – в эти же годы на делянках конкурсного испытания наибольшее значение признака составляло 1,86–3,34 т/га [235].

Одной из причин высоких показатели урожайности семян, получаемых на однорядных делянках, является то, что генотипы с повышенной конкурентной способностью, формируют дополнительный урожай за счет отбирания ресурсов среды у соседних более слабых конкурентов, соответственно снижая их урожайность. Анализ фактического материала показывает, если на одной из однорядных делянок получена высокая урожайность, то соседняя делянка, как правило, оказывается низкоурожайной [235] (Таблица 57).

На недостаточную объективность оценок урожайности на этапе однорядных делянок также указывают данные о связи оценок урожайности сортов в конкурсном испытании с оценками урожайности их исходных линий в селекционном питомнике. Вычисленные коэффициенты корреляции между урожаями сортов на разных этапах селекции оказались несущественными, что подтверждает низкую наследуемость признака (Таблица 58) [235].

Таблица 57 – Урожайность семян на соседних делянках селекционного питомника

Номер делянки	Происхождение	Урожайность, т/га	Визуальная оценка, балл
2011 г.			
1178/11	Л - 2577 × Aldana	23,3	-
1179/1		29,3	-
1179/2		18,2	-
1179/3		13,0	-
1179/4		22,2	-
2012 г.			
1277/2	Славия × Д-584/07	39,9	4
1277/3		29,7	4
1279/3		33,0	4+
1279/4		37,6	4
1279/5		25,7	4+
2013 г.			
1191/8	Альба × Д-71/07	31,2	5
1191/9		25,1	4+
1192		27,7	4
1192/1		29,4	5
1192/2		25,0	4
2014 г.			
1180/5	Свапа × Альба	31,4	4
1180/6		25,3	4
1180/7		29,5	4

Таблица 58 - Коэффициенты корреляции оценок урожайности сортов конкурсного испытания и их исходных линий

Показатель	Годы конкурсных испытаний			
	2009–2010	2010–2011	2011–2012	2012–2013
Число пар наблюдений *	8	7	15	13
Коэффициент корреляции (r)	– 0,494	0,027	0,117	–0,041
Критическое значение r для 5%-ного уровня значимости	0,707	0,754	0,514	0,553

* – использованы показатели урожайности сортов конкурсного испытания средние за 2 года и урожайность соответствующих исходных линий в селекционном питомнике

Не вызывает сомнения, что отбраковку селекционного материала, выращиваемого на малых делянках без повторностей, можно с высокой

точностью проводить по визуально оцениваемым признакам. Однако нет однозначного ответа на вопрос об эффективности оценки и отбора генотипов в ранних питомниках по урожайности. Анализ многолетних данных испытаний линий сои на однорядных делянках показывает высокое совпадение в отдельные годы глазомерной оценки линий по элементам структуры урожая и полученной урожайности, в другие годы такая связь отсутствует, или оценки приобретают противоположные значения [236].

Все вышеприведенные данные свидетельствуют о низкой надежности оценок урожайности при выращивании селекционного материала на однорядных делянках, на основании чего можно сделать заключение о том, что прямой отбор по этому критерию на данном этапе малоэффективен [235].

Иные результаты получены при анализе связи урожайности сортов в конкурсном испытании с уборочным индексом их исходных линий в селекционном питомнике. При анализе были использованы данные об уборочных индексах 13 линий селекционного питомника за 2009 год, а также урожайность их потомков – сортов, дошедших до конкурсного испытания. Полученное значение коэффициента корреляции показало, что между уборочным индексом исходных линий и урожайностью сортов в конкурсном испытании имела существенная положительная связь (Рисунок 30) [235].

Значение коэффициента корреляции оказалось средним по величине ($r = 0,558$), при этом хотя и незначительно, но все же превысившим критическое значение для $n=13$, что указывает на существенность связи. Если учитывать то обстоятельство, что связь урожайности сортов конкурсного испытания с урожайностью исходных линий селекционного питомника отсутствует (см. таблицу 30), а с уборочным индексом она существенна, то этот показатель можно использовать как критерий отбора высокопродуктивных растений сои на стадии однорядных делянок [235].

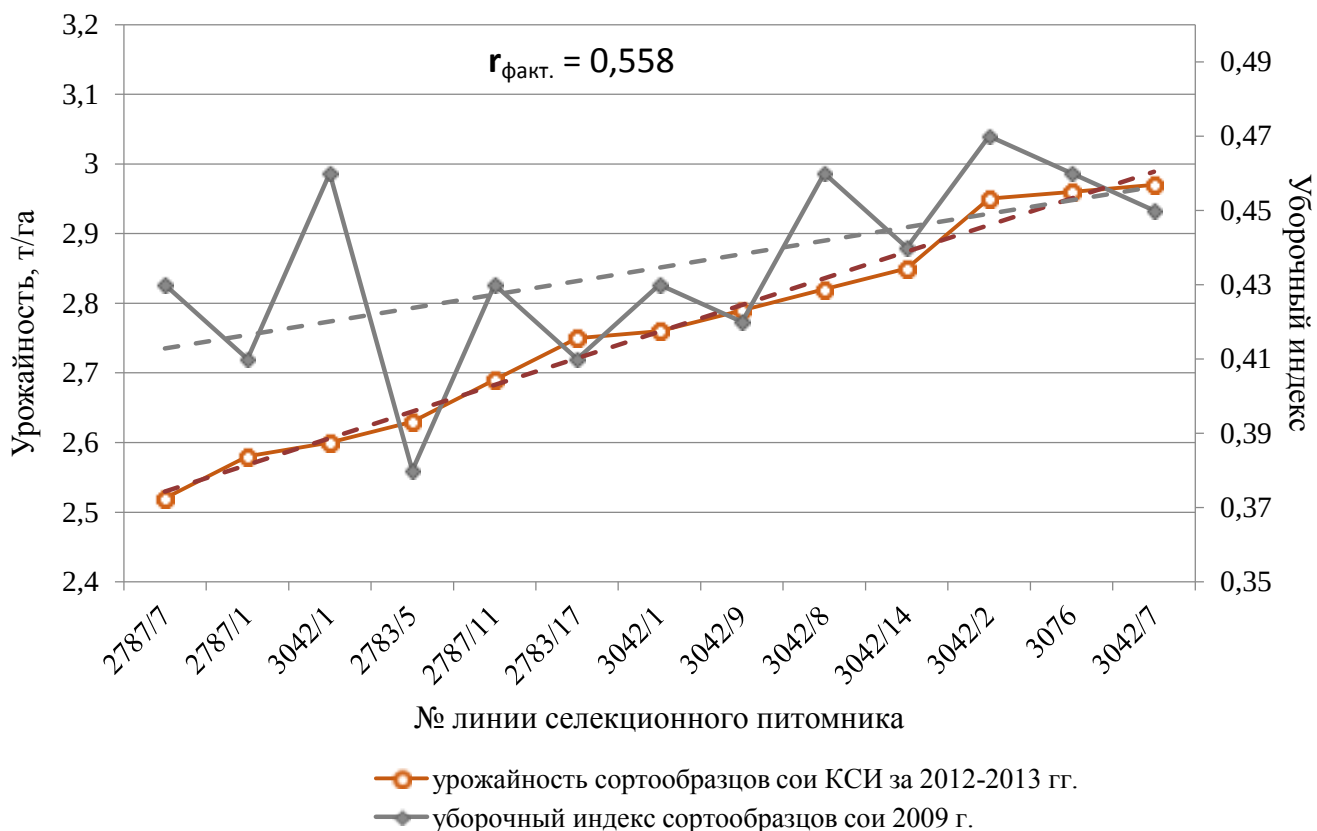


Рисунок 30 – Соответствие оценок уборочного индекса у исходных линий сои в селекционном питомнике урожайности сортов в конкурсном испытании

Безусловно, средняя по величине связь ценотической урожайности с уборочным индексом не предполагает высокую точность при отборе высокопродуктивных делянок в селекционном питомнике, но все же на основе этой связи вероятность отбора истинно (ценотически) продуктивных генотипов на этапе однорядных делянок гораздо выше, чем при отборе по прямому признаку – масса семян с делянки или урожайность [235].

Таким образом, повышение точности отборов ценотически продуктивных генотипов на этапе малых делянок без защитных рядов и повторностей является актуальной проблемой. Сопоставление оценок урожайности сортов сои в конкурсном испытании с оценками урожайности их исходных линий в селекционном питомнике, подтверждает данные других исследователей о неэффективности отбора высокопродуктивных генотипов на стадии малых

делянок по прямому признаку – массе семян с делянки или урожайности. Оценки урожайности материала на делянках селекционного питомника завышены по сравнению с конкурсным сортоиспытанием в среднем на 27,6 %. Завышение урожаев на малых делянках связано в том числе с конкурентными взаимоотношениями генотипов, о чем свидетельствуют нереально высокие показатели урожайности семян [235].

При селекции сои на урожайность на стадии малых делянок заслуживает внимания использование в качестве критерия отбора уборочный индекс, имеющий существенную положительную связь с ценотической урожайностью [235]. И хотя высокий уборочный индекс является не причиной, а следствием засухоустойчивости сои, он наиболее удобен как критерий отбора при селекции стабильно урожайных сортов для юга России. Однако проявление других причин варьирования уборочного индекса ведет к ошибкам при отборах. Поэтому необходима разработка мер уменьшения ошибок при использовании этого критерия отбора.

Дальнейшие исследования были направлены на возможность более точного применения полученных данных в реальной селекционной работе. В связи с чем был заложен ряд опытов по определению оптимальных размеров делянок в селекционном питомнике, изучению межгенотипической и межделяночной конкуренции.

9.2 Определение оптимальной конфигурации делянки в селекционном питомнике

В селекционной программе ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» использовались разные варианты делянок в селекционном питомнике. Это были однорядные и двурядные делянки 2,5 или 5 м длиной. Конфигурация чаще всего зависела от имеющейся площади поля, количества высеваемых номеров, наличия семян. Целью нашей работы было определение оптимального размера делянки в

селекционном питомнике для формирования единого подхода в высеве и оценке генотипов поколений F_5 , F_6 .

В качестве материала в исследованиях использовали сорта сои, включенные 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 в институте и соответствующим разным питомникам: КСИ; КП; СП-1; СП-2 и СП-3 [236].

Уборку растений в КСИ и КП проводили селекционным комбайном, на делянках СП-1, СП-2 и СП-3 растения срезали вручную на уровне почвы и затем после естественного высушивания в поле обмолачивали. Перед обмолотом снопы взвешивали, после обмолота определяли массу семян [236].

Погодные условия вегетационного периода в годы исследований значительно различались между собой, и в первую очередь по влагообеспеченности. В целом, для роста и развития растений сои условия 2013 года можно охарактеризовать как благоприятные, 2014 года – хорошие, а 2015 и 2016 годов – удовлетворительные. Индексы среды по годам составили соответственно 3,90; 3,51; -3,92 и -3,50 [236].

Анализ результатов 4-летнего испытания показал, что в сравнимых условиях урожайность одних и тех же сортов существенно изменялась в зависимости от методики выращивания растений. Так, если на больших делянках конкурсного испытания, где достигается наиболее объективная оценка, средняя урожайность изучаемых сортов составила 2,08 т/га, то на делянках контрольного питомника урожайность была выше на 0,24 т/га, или на 11,5 % (Таблица 59) (по материалам собственных исследований).

Еще более завышенные оценки урожайности получены на малых делянках селекционного питомника: средняя урожайность сортов в СП-3, СП-2 и СП-1 оказалась выше по сравнению с урожайностью КСИ соответственно на 0,43; 0,67 и 0,69 т/га или на 20,7; 32,2 и 33,2 %.

Таблица 59 – Результаты оценки урожайности сортов сои при выращивании на делянках разной конфигурации (среднее за 2013–2016 гг., n = 48)

Питомник	Урожайность семян, т/га			Варьирование (V), %	
	средняя по питомнику	максимальная разница	отклонение от КСИ, %	урожайности	уборочного индекса
СП-1	2,77	2,26	+ 33,2	19,0	9,8
СП-2	2,75	2,03	+ 32,2	15,4	8,8
СП-3	2,51	1,76	+ 20,7	14,9	10,2
КП	2,32	1,21	+ 11,5	12,2	-
КСИ	2,08	1,07	–	10,8	-

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. Фактически это представляется следующим образом: краевые растения за счет дополнительной площади питания накапливают бóльшую массу семян по сравнению с растениями средней части делянки, и эта дополнительная масса семян в значительной степени повышает урожайность на делянках меньшей площади (СП и КП) по сравнению с делянками КСИ [236].

Кроме того, одной из вероятных причин явно завышенных урожаев на малых делянках являются различия изучаемых сортов по конкурентоспособности (в КСИ она исключается за счет использования боковых защитных рядов). Неоднородность плодородия участка также оказывает существенное влияние на оценки урожайности на делянках без повторов [236].

Помимо завышения оценок урожаев семян в среднем, 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. Об этом можно также судить по крайним значениям урожайности сортов в разных питомниках. Так, на делянках конкурсного сортоиспытания максимальная разница между сортами составила 1,07 т/га, а на делянках СП она увеличилась до 1,76 и даже 2,26 т/га.

Расширенный диапазон варьирования урожайности в ранних питомниках проявляется в нереально высоких величинах признака, что также свидетельствует о необъективности оценок потенциальной продуктивности генотипов на малых делянках. Так, анализ оценок урожаев конкретных сортов по годам показал, что в 2013 г. в конкурсном испытании максимальная урожайность лучшего сорта сои составила 2,91 т/га, в КП – 3,38 т/га, а в СП-2 она достигла 4,42 т/га (Таблица 60). Аналогичное соотношение между максимальным выражением оценок в разных питомниках отмечено в 2014 и 2016 годах и, только в наименее благоприятном по условиям 2015 году, различия были менее существенными, составившими от 0,38 до 0,69 т/га [236].

Таблица 60 – Максимальная урожайность сортов сои в разных питомниках по годам, т/га

Год	Количество осадков, мм		Питомник				
			КСИ	КП	СП-1	СП-2	СП-3
	май – июнь	июль – август					
2013	102,7	124,9	2,91	3,38	4,26	4,42	3,59
2014	174,2	51,3	2,96	3,37	4,69	4,22	3,72
2015	216,9	70,8	2,17	2,55	2,86	2,74	2,63
2016	238,3	71,5	2,05	2,42	3,65	3,05	3,54

Исходя из вышеизложенных данных, вполне правомерен вопрос о том, что в питомниках различной площади и конфигурации на фоне разного общего уровня урожайности, сорта могут сохранять свои ранги, что предполагает возможность использования массы семян с делянки в качестве критерия выбора лучших генотипов. Однако, полученные нами результаты не подтверждают этого положения. Так, по данным четырех лет испытаний 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 (на 1%-ном уровне значимости) (Таблица 61). В то же время при выращивании сортов по типу селекционного питомника 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 [236].

Таблица 61 – Корреляция оценок урожайности сортов в КП и КСИ с оценками признаков на делянках селекционного питомника разных конфигураций (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 питомнике оказалась еще более тесной. Так, при анализе соответствия массы семян в СП-2 урожаем в КСИ выявлены коэффициенты корреляции, перешедшие 0,1%-ный уровень значимости в 2013, 2014 и 2016 гг. Корреляция между этими признаками при использовании делянок по типу СП-3 также была значимой во все годы исследований, но при этом в 2013 г. и 2016 г. коэффициенты были существенны на 0,1%-ном уровне значимости, а в 2014 и 2015 гг. – на 1,0%-ном уровне [236]. Самая слабая связь отмечена между массой семян в СП-1 и КСИ. Так в 2013–2015 гг. она была значима на 1,0%-ном уровне, и только в 2016 г. – на 0,1%-ном.

Исследование уборочного индекса у сортов сои в селекционных питомниках в 2013 г. показало отсутствие связи этого показателя в СП-1 и СП-3 с урожайностью сортов в КСИ и невысокую, но существенную (на 1%-ном уровне

значимости) связь между признаками при оценке уборочного индекса в СП-2. В оба последующих года корреляция уборочного индекса всех вариантов селекционного питомника с урожайностью сортов в конкурсном испытании была самой высокой и существенной на 0,1%-ном уровне значимости. Причем в эти годы значения коэффициентов корреляции урожаев сортов в КСИ с их уборочными индексами в СП-1, СП-2 и СП-3 были выше, чем с массой семян. Самое высокое значение коэффициента корреляции за все годы исследований ($r = 0,744$) отмечено в 2015 г. при оценке сортов в СП-3 именно по уборочному индексу [236]. Однако, в 2016 году связи между уборочным индексом и урожайностью в КСИ не отмечено ни в одном из трех типов питомников.

Тем не менее, при оценке делянок селекционного питомника вполне обосновано использование уборочного индекса, так как по сравнению с признаком масса семян он имеет более высокую и устойчивую связь с урожайностью, оцениваемую на заключительных этапах селекционного процесса (на больших делянках). Косвенным подтверждением эффективности использования уборочного индекса является также то, что он значительно в меньшей степени (в среднем в 1,7 раза) в сравнении с массой семян с делянки, подвержен изменчивости (см. таблица 59).

Особенно большое внимание этому показателю следует уделять в годы с недостаточным количеством осадков в период цветения – созревания, т.к. именно в такие годы отбор будет вестись на создание засухоустойчивых сортов, способных эффективно перераспределять накопленные ассимиляты из вегетативной части растений в генеративную.

Относительно определения оптимальной конфигурации делянок селекционного питомника полученные данные, свидетельствующие о том, что лучшим вариантом в условиях 2014 г. было выращивание сортов в селекционном питомнике по типу СП-1, в 2015 г. и 2016 г. – СП-3, а в 2013 г. – СП-2. Основанием для такого заключения являются коэффициенты корреляции между урожайностью семян в КП и оценками признаков в селекционных питомниках (см. таблица 61). Учитывая незначительные различия в величинах коэффициентов корреляции, в 2015 г. было бы вполне допустимо проведение с равной

эффективностью отбора по уборочному индексу в селекционном питомнике любой конфигурации.

Поскольку наименее трудозатратным и экономичным по площади является посев селекционного питомника по типу СП-1, было проведено сопоставление оценок, полученных при выращивании сортов с использованием делянок этого типа с другими вариантами СП. Анализ данных показал, что в благоприятном по влагообеспеченности 2013 г. максимально сопоставимыми были оценки уборочного индекса в СП-1 и СП-3 (Таблица 62). Корреляционная связь между оценками признака в этих питомниках составила 0,475, что является существенным на 0,1 %-ном уровне значимости. Еще более существенным ($r = 0,507-0,821$) было соответствие между оценками уборочного индекса во всех типах СП в 2014, 2015 и 2016 гг. [236].

Таблица 62 – Коэффициенты корреляции между признаками в селекционных питомниках разной конфигурации

Тип СП	Год	Показатель	СП-1	
			масса семян	уборочный индекс
СП-2	2013	масса семян	0,426**	—
		уборочный индекс	—	0,400**
	2014	масса семян	0,440**	—
		уборочный индекс	—	0,821***
	2015	масса семян	0,537***	—
		уборочный индекс	—	0,811***
	2016	масса семян	0,559***	—
		уборочный индекс	—	0,638***
СП-3	2013	масса семян	0,230	—
		уборочный индекс	—	0,475***
	2014	масса семян	0,488***	—
		уборочный индекс	—	0,632***
	2015	масса семян	0,439**	—
		уборочный индекс	—	0,756***
	2016	масса семян	0,487***	—
		уборочный индекс	—	0,507***

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

Тесная связь между оценками признака в питомниках разной конфигурации выражается высоким коэффициентом детерминации – $C_d=26-67\%$ при вероятности неслучайности этой связи 999 шансов из 1000. Соответствие оценок по признаку масса семян в СП-1 и других вариантах СП было менее значительным, что подтверждает предпочтительность использования признака «уборочный индекс» в качестве критерия отбора ценотически продуктивных генотипов в ранних питомниках.

В результате проведенных исследований установлено, что оценки урожайности в ранних питомниках недостаточно объективны и точны. Сопоставление урожайности семян в контрольном питомнике с массой семян и уборочным индексом в селекционном питомнике трех типов показало преимущество отбора линий в 2013 году в СП-2, 2014 г. – СП-1, в 2016 – СП-3, и в 2015 г. в селекционном питомнике любой конфигурации по уборочному индексу. Корреляция с урожайностью семян в КСИ показала преимущество отбора по массе семян в благоприятный по влагообеспеченности год (2013) и в год с большим количеством осадков в первой половине вегетации (2016) в СП-3, и по уборочному индексу в годы с недостаточным количеством осадков в период налива семян в любом СП.

Самый высокий размах варьирования урожайности отмечен в СП-1, однако превышение урожайности по сравнению с конкурсным испытанием в отдельные годы было выше в СП-2, поскольку на делянках этого типа проявляется краевой эффект сразу на двух рядах, в то время как в остальных СП на одном. Коэффициент вариации по уборочному индексу оказался в 1,7 раза ниже, чем по массе семян, что свидетельствует о большей стабильности этого признака.

Сопоставление идентичных признаков отбора в селекционных питомниках разного типа показало, что данные по уборочному индексу имеют более тесную связь между всеми типами СП, по массе семян эта связь менее выражена.

Таким образом, использование в качестве критерия отбора в селекционном питомнике уборочного индекса обоснованно, так как этот показатель более тесно

связан с урожайностью семян на делянках с защитными рядами, чем масса семян. Отбор по массе семян можно проводить лишь в годы, благоприятные для роста и развития растений сои в течение всего периода вегетации.

Выращивание растений на делянках селекционного питомника по типу СП-1 (один ряд длиной 2,5 м), несмотря на большой размах варьирования урожайности, предпочтительней использования СП-2 и СП-3, поскольку при меньших трудозатратах и площади посева достигаются достаточно хорошо коррелируемые данные оценок уборочного индекса с урожайностью семян на больших делянках.

9.3 Связь хозяйственно 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 возникают закономерные вопросы – как оценить степень благоприятности погодных условий сезона выращивания для роста и развития растений сои, а также в какие годы и по каким признакам целесообразней вести отбор в селекционном питомнике [237].

Поскольку главным лимитирующим фактором при выращивании сои является влагообеспеченность, на основании анализа метеоданных можно предположить, что более благоприятными для роста и развития растений сои были 2015 и 2016 годы, когда сумма осадков за период вегетации была на 76–84 мм больше, чем в 2013 и 2014 гг. (Таблица 63). Однако коэффициент корреляции между средней урожайностью сортов при выращивании в КСИ и количеством осадков за вегетационный период ($r = -0,995$) и данные о средней урожайности семян опровергают это предположение [237].

Таблица 63 – Влагообеспеченность и урожайность сортов сои по годам (n=51)

Год	Сумма осадков, мм			Средняя урожайность в КСИ, т/га
	май – июнь	июль – август	за вегетационный период	
2013	102,7	124,9	227,6	2,48
2014	174,2	51,3	225,5	2,44
2015	216,9	86,8	303,7	1,70
2016	238,3	71,0	309,3	1,74

Анализ фактических данных по осадкам явно показывает, что не от общего количества за вегетационный период, а от их распределения по фазам роста и развития растений зависит продуктивность растений. Так, несмотря на преобладание последних двух лет по общему количеству осадков за период вегетации растений сои, урожайность семян оказалась низкой вследствие того, что 2/3 их выпало в начальный период вегетации растений, и ощущался явный недобор атмосферной влаги в период цветения и налива бобов в июле и августе. Также можно предположить, что в таких условиях растения сформировали избыточную вегетативную массу, которая впоследствии повела к расходу влаги на транспирацию в ущерб формированию семян. Самым благоприятным для растений сои было распределение осадков в 2013 году, когда во второй половине лета выпала бóльшая их часть, что и обеспечило растениям сои хорошие условия для формирования урожая семян. Высокая урожайность сортов в 2014 году объясняется тем, что из первых двух месяцев вегетации преобладающее количество осадков пришлось на июнь, т.е. на начало критического периода по водопотреблению. На это указывают также данные о среднемесячной температуре воздуха в июне, пониженной на 1,0–1,5 °С по сравнению с аналогичным периодом других сезонов (Таблица 64).

В целом анализ температурных данных показал отсутствие строгой зависимости урожайности сортов от среднемесячных температур воздуха в период вегетации растений. Корреляция средней урожайности сортов в КСИ со среднемесячной температурой воздуха в среднем за 4 года составила в июле $r = -0,494$, а в мае $r = 0,904$, что, по нашему мнению, не может быть эффективным критерием оценки условий года [237].

Таблица 64 – Температура воздуха при выращивании сортов сои по годам

Год	Температура воздуха, °С			
	май	июнь	июль	август
2013	22,0	23,5	24,9	25,2
2014	20,1	22,0	25,4	28,2
2015	18,4	23,0	25,1	28,2
2016	17,7	23,4	25,9	27,0

Таким образом, предварительные результаты о том, что принцип выбора того или иного критерия оценки и отбора в селекционном питомнике в зависимости от степени благоприятности условий года, о которых можно судить по средней урожайности сортов, является ненадежным. Тем не менее, анализ большого массива данных показывает, что связь разных признаков на малых делянках с массой семян на больших делянках существует и она меняется по годам (Таблица 65) [237].

Таблица 65 – Корреляция (r) массы семян сои в конкурсном сортоиспытании с оценками признаков на делянках селекционного питомника разных конфигураций (n=51)

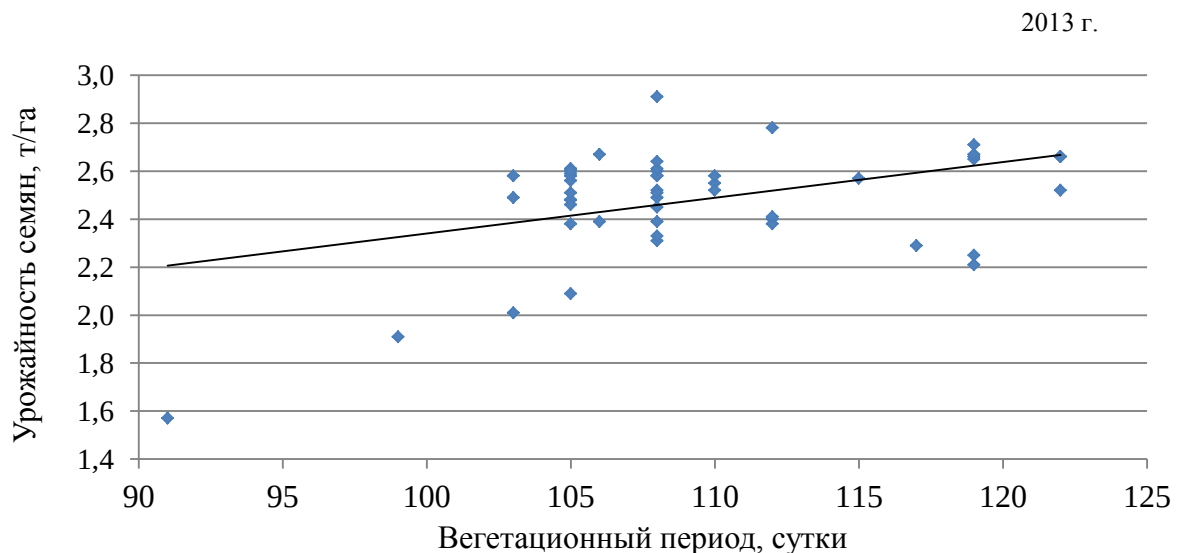
Питомник	Оцениваемый признак	Масса семян в КСИ			
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
СП-1	биомасса	0,487***	0,125	0,233	0,626***
	масса семян	0,505***	0,482***	0,525***	0,574***
	уборочный индекс	-0,012	0,584***	0,610***	0,051
СП-2	биомасса	0,595***	0,067	-0,050	0,531***
	масса семян	0,600***	0,503***	0,481***	0,454***
	уборочный индекс	0,179	0,554***	0,641***	-0,112
СП-3	биомасса	0,635***	0,131	-0,377**	0,526***
	масса семян	0,457***	0,472***	0,462***	0,477***
	уборочный индекс	-0,271	0,528***	0,780***	-0,284*

Коэффициенты корреляции переходят уровни существенности:

5 % при 0,273; 1 % при 0,354; 0,1 % при 0,443

Так, например, в 2013 и 2016 гг. достоверная на 0,1-ном уровне значимости отмечена связь массы семян в КСИ с биомассой и массой семян в СП всех типов, а в 2014 и 2015 гг. – с массой семян и уборочным индексом в СП всех типов. Причем во всех случаях связь с уборочным индексом оказалась выше, чем с массой семян. Исходя из того, что в 2014–2015 гг. связь с биомассой была от недостоверной до достоверно-отрицательной на 1 %-ном уровне значимости, можно сделать заключение о недостаточной засухоустойчивости сортов, которые накопили большую биомассу в благоприятный по водообеспеченности вегетативный период, но не смогли ее рационально перераспределить в семена в период засухи [237].

Детальный анализ данных разных лет оценок показывает, что между урожайностью семян в КСИ и признаками малых делянок выявляется более определенная связь, если в пределах каждого года учитывать характер зависимости урожайности сортов от продолжительности их вегетационных периодов. В наших исследованиях характер этой связи по годам выглядит следующим образом (Рисунок 31) [237].



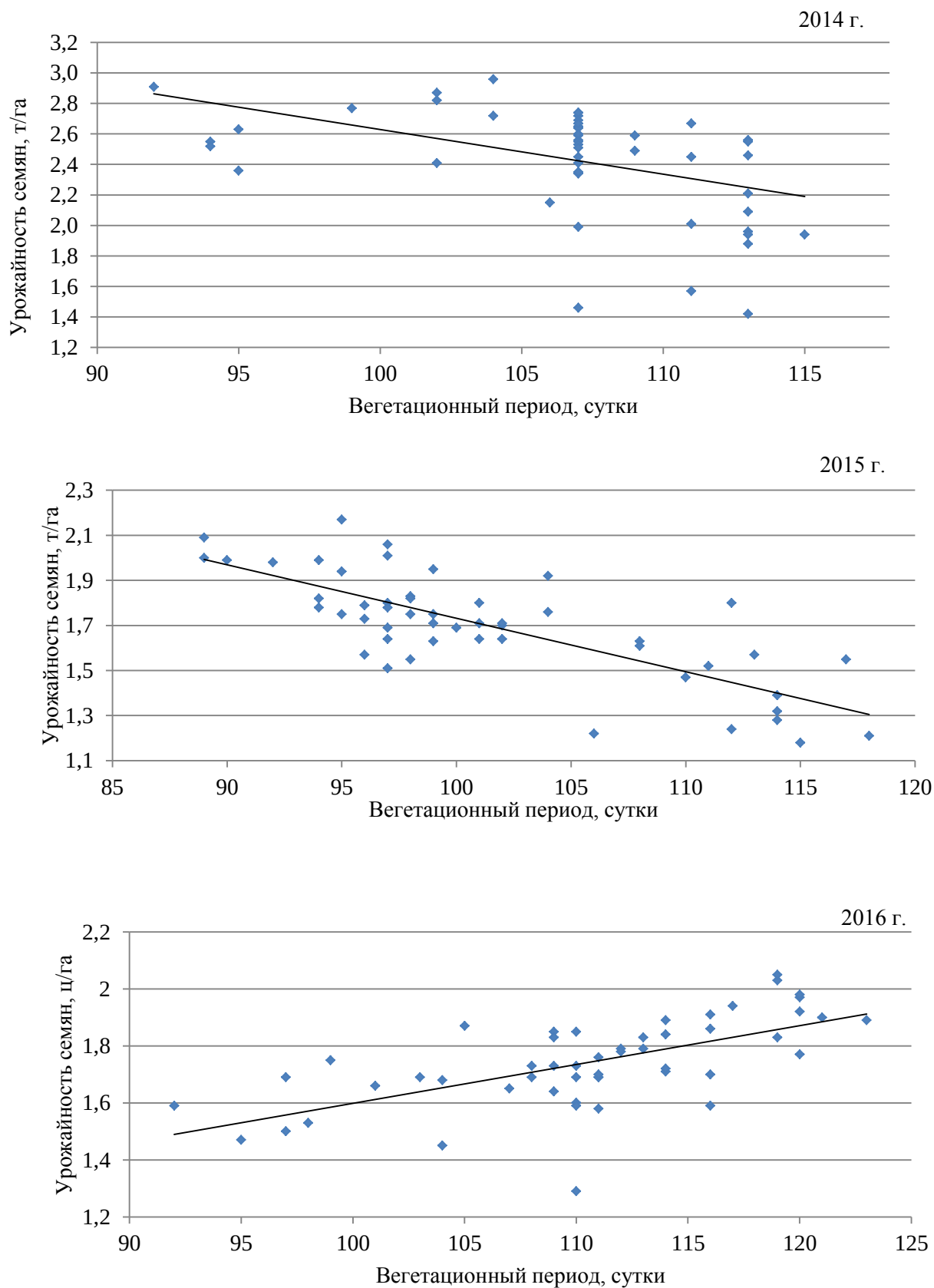


Рисунок 31 – Регрессия урожайности семян сортов сои в конкурсном сортоиспытании на продолжительность их вегетационных периодов

Представленные на диаграммах данные показывают не усредненную степень благоприятности условий года для всех сортов, а степень благоприятности для сортов той или иной группы спелости. Так, судя по наклону линии регрессии погодные условия 2013 и 2016 годов более благоприятно сложились для сортов с продолжительным вегетационным периодом, а 2014 и 2015 годов – для раннеспелых [237].

Сопоставляя данные таблицы 65 с зависимостью признаков на рисунке 31, нетрудно заметить, что в годы, когда регрессия урожайности сортов на продолжительность их вегетации положительна (2013 и 2016 гг.), получены наиболее высокие значения коэффициента корреляции массы семян в КСИ с массой семян и биомассой на всех вариантах (СП-1, СП-2 и СП-3) СП. Напротив, в годы, когда с увеличением продолжительности вегетационных периодов сортов урожайность снижалась (2014 и 2015 гг.) стабильно более высокая положительная корреляция массы семян в КСИ проявилась с уборочным индексом, полученным также во всех трех вариантах СП.

Применение предварительного анализа характера связи урожайности с продолжительностью периода вегетации сортов в условиях конкретного года не требует дополнительных усилий, кроме статистических вычислений, исходными данными для которых являются результаты оценки сортов в конкурсном сортоиспытании.

Таким образом, на основании полученных четырехлетних данных рекомендуется следующий принцип отбора ценных генотипов в селекционном питомнике. В годы, когда отмечается положительная связь продолжительности периода вегетации испытываемых в конкурсном сортоиспытании сортов с их урожайностью, оценку материала в селекционном питомнике проводить по массе семян с делянки. В засушливые годы, когда связь продолжительности периода вегетации и массы семян в КСИ отрицательная – по уборочному индексу. Дифференцированный подход в выборе критерия отбора высокопродуктивных генотипов на стадии селекционного питомника будет способствовать ускорению селекционного прогресса у сои.

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 [242].

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 [242].

В 2013 году из отобранных в селекционном питомнике линий были сформированы следующие три группы, различающиеся по продолжительности вегетационного периода: очень ранняя (стандарт – сорт Лира), раннеспелая (стандарт – сорт Славия) и среднеспелая (стандарт – Вилана).

В каждой группе было подобрано по 3 комбинации, в пределах которых сформировано 4 подгруппы по 3 сорта:

- 3 сорта с высоким уборочным индексом и высокой массой семян с делянки (вариант А);
- 3 сорта с высоким уборочным индексом и низкой массой семян с делянки (вариант Б);
- 3 сорта с низким уборочным индексом и высокой массой семян с делянки (вариант В);
- 3 сорта с низким уборочным индексом и низкой массой семян с делянки (вариант Г) [242].

Высокие параметры – наибольшие показатели в группе, низкие – соответственно наименьшие. Таким образом, было сформировано три блока по 45 делянок в каждом, 9 из которых являлись контролями (каждая 5-ая делянка)

(Приложение В). Данный селекционный материал высевался в 2014, 2015 и 2016 гг. на делянках аналогично контрольному питомнику и на делянках по типу селекционного питомника СП-3 (однорядная делянка 5 м длиной без защитных рядов и повторностей), а в 2016 году и по типу селекционного питомника СП-1 на однорядных делянках 2,5 м длиной без защитных рядов и повторностей. Учет урожайности в КП проводили путем скашивания селекционным комбайном и определения массы семян с учетных рядов делянки [242], на делянках по типу СП, уборку проводили вручную, как было описано ранее для подобных делянок.

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 году по варианту А, в 2015 и 2016 годах – по варианту В (Таблица 66), то есть оба варианта с максимальной массой семян с делянки [242].

Таблица 66 – Урожайность и уборочный индекс очень ранних сортов сои в селекционном и контрольном питомниках

Вариант	Селекционный питомник		Контрольный питомник		
	2013 г.		2014 г.	2015 г.	2016 г.
	масса семян, т/га	уборочный индекс	урожайность, т/га		
А	3,28	0,48	2,95	1,81	1,67
Б	2,42	0,50	2,86	1,93	1,60
В	3,03	0,42	2,79	2,09	1,77
Г	2,15	0,38	2,71	1,91	1,65

Анализ данных в раннеспелой группе свидетельствовал о преимуществе отбора в 2013 году по уборочному индексу, так как во все годы испытания более продуктивными оказались сорта, отобранные по вариантам Б и А (Таблица 67), оба варианта с высоким уборочным индексом.

Для среднеспелой группы также лучшим оказался отбор по вариантам Б и А, то есть по высокому уборочному индексу (Таблица 68).

Таблица 67 – Урожайность и уборочный индекс раннеспелых сортов сои в селекционном и контрольном питомниках

Вариант	Селекционный питомник		Контрольный питомник		
	2013 г.		2014 г.	2015 г.	2016 г.
	масса семян, т/га	уборочный индекс	урожайность, т/га		
А	3,46	0,43	2,54	2,01	2,12
Б	2,70	0,43	2,65	2,12	2,05
В	3,10	0,39	2,43	2,06	2,03
Г	2,38	0,35	2,52	1,84	2,10

Таблица 68 – Урожайность и уборочный индекс среднеспелых сортов сои в селекционном (СП) и контрольном (КП) питомниках

Вариант	Селекционный питомник		Контрольный питомник		
	2013 г.		2014 г.	2015 г.	2016 г.
	масса семян, т/га	уборочный индекс	урожайность, т/га		
А	3,81	0,43	2,29	1,91	1,70
Б	3,09	0,42	2,35	1,97	1,55
В	3,53	0,38	2,20	1,80	1,52
Г	2,58	0,35	2,21	1,83	1,65

Анализ сопоставимости данных по уборочному индексу проводили между делянками по типу селекционного питомника. Выявлено, что отличия были как между группами спелости, так и по годам. В очень ранней группе максимальный уборочный индекс отмечен на делянках, сформированных по максимальному уборочному индексу, то есть в вариантах А и Б (Таблица 69). Таким образом сорта с максимальным уборочным индексом в 2013 г. сохранили преимущество по этому показателю в 2014–2016 гг.

В среднеспелой группе наблюдали преимущество сортов, отобранных в 2013 г. по максимальному уборочному индексу и минимальной массой семян (вариант Б) (Таблица 70).

Таблица 69 – Уборочный индекс очень ранних сортов сои в селекционных питомниках

Вариант	2013 г.		2014 г.	2015 г.	2016 г.
	масса семян, т/га	уборочный индекс	уборочный индекс		
А	3,28	0,48	0,34	0,39	0,43
Б	2,42	0,50	0,33	0,39	0,43
В	3,03	0,42	0,29	0,37	0,42
Г	2,15	0,38	0,32	0,38	0,42

Таблица 70 – Уборочный индекс среднеспелых сортов сои в селекционных питомниках

Вариант	2013 г.		2014 г.	2015 г.	2016 г.
	масса семян, т/га	уборочный индекс	уборочный индекс		
А	3,81	0,43	0,34	0,32	0,41
Б	3,09	0,42	0,36	0,34	0,42
В	3,53	0,38	0,31	0,32	0,40
Г	2,58	0,35	0,32	0,31	0,40

Отличались от остальных сорта ранней группы спелости. В целом преимущества имели сорта, отобранные по максимальному уборочному индексу, то есть варианты А и Б, но в два года из трех, сорта, характеризующиеся в 2013 г. минимальными показателями двух признаков, продемонстрировали такой же результат (Таблица 71).

Таблица 71 – Уборочный индекс раннеспелых сортов сои в селекционных питомниках

Вариант	2013 г.		2014 г.	2015 г.	2016 г.
	масса семян, т/га	уборочный индекс	уборочный индекс		
А	3,46	0,43	0,34	0,34	0,42
Б	2,70	0,43	0,36	0,36	0,41
В	3,10	0,39	0,34	0,33	0,41
Г	2,38	0,35	0,36	0,34	0,42

Таким образом, сопоставление данных отбора линий с разным сочетанием признаков отбора (высокий/низкий уборочный индекс и высокая/низкая масса

семян с делянки), проведенного в 2013 году, с урожайностью семян в 2014, 2015, 2016 гг. в контрольном питомнике показало, 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 [242].

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. следующим образом. В контрольном питомнике ежегодно изучали 336 сортообразцов. По данным, полученным годом ранее в селекционном питомнике, сорта ранжировали по максимальному уборочному индексу или массе семян с делянки. В контрольном питомнике в свою очередь было принято отбирать на посев в предварительное сортоиспытание (ПСИ) 33 % линий для формирования 4 блоков [245].

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. Безусловно, сложно провести четкую границу между группами, особенно в острозасушливые годы, но прежде всего эту корреляцию можно определить в пределах блоков, а еще эффективнее – по продолжительности вегетационного периода, который всегда отмечают в старших питомниках [245].

Анализ данных КСИ 2013 года позволил построить следующие графики (Рисунок 32).

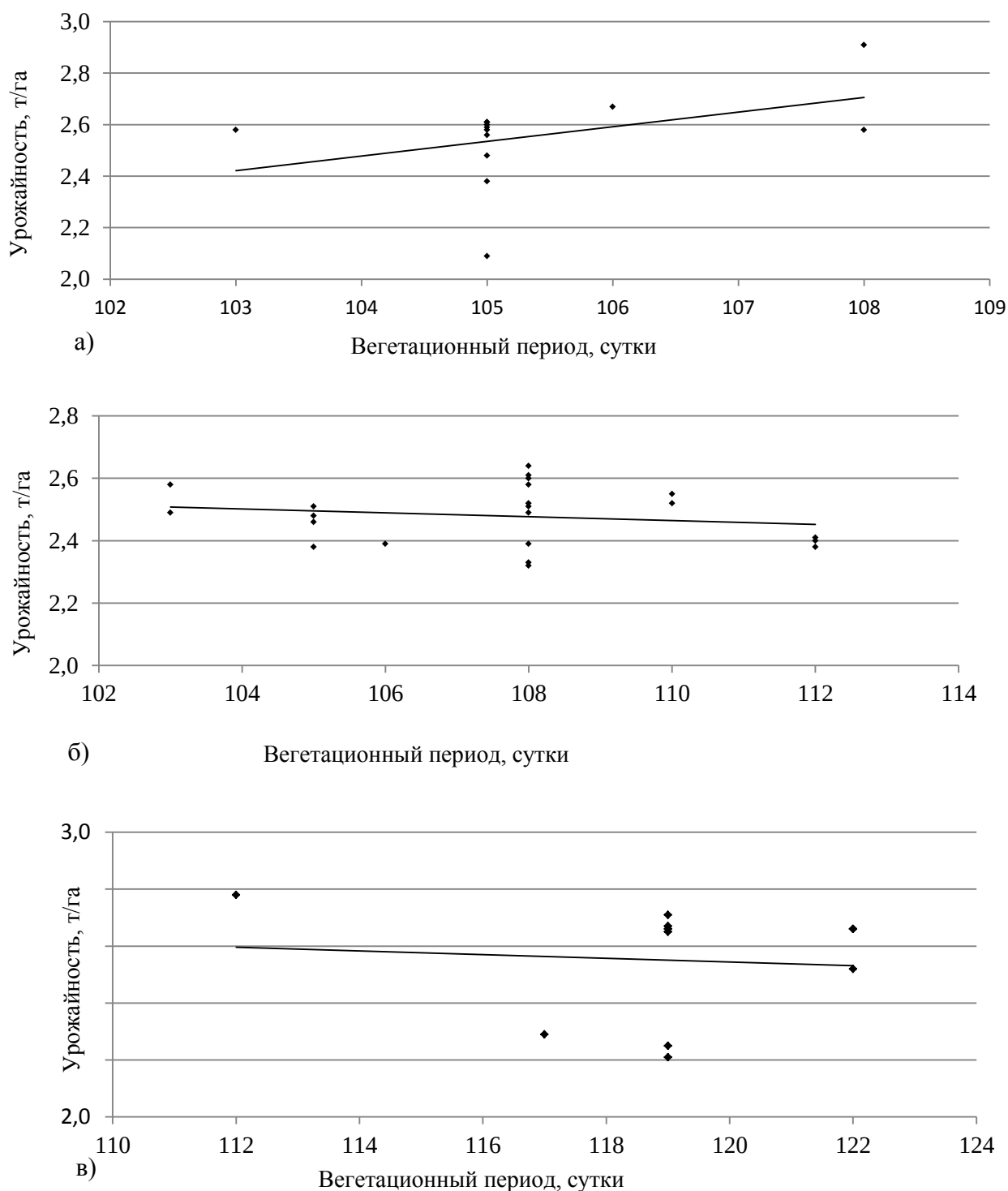


Рисунок 32 – Регрессия урожайности семян сортов сои в конкурсном испытании на продолжительность их вегетационных периодов
(а) очень ранняя группа; б) раннеспелая группа; в) среднеспелая группа, 2013 г.)

Из ранее сделанных выводов следует, что в 2013 году отбор в селекционном питомнике для очень ранней группы нужно проводить по массе семян, а для остальных групп спелости по уборочному индексу [245].

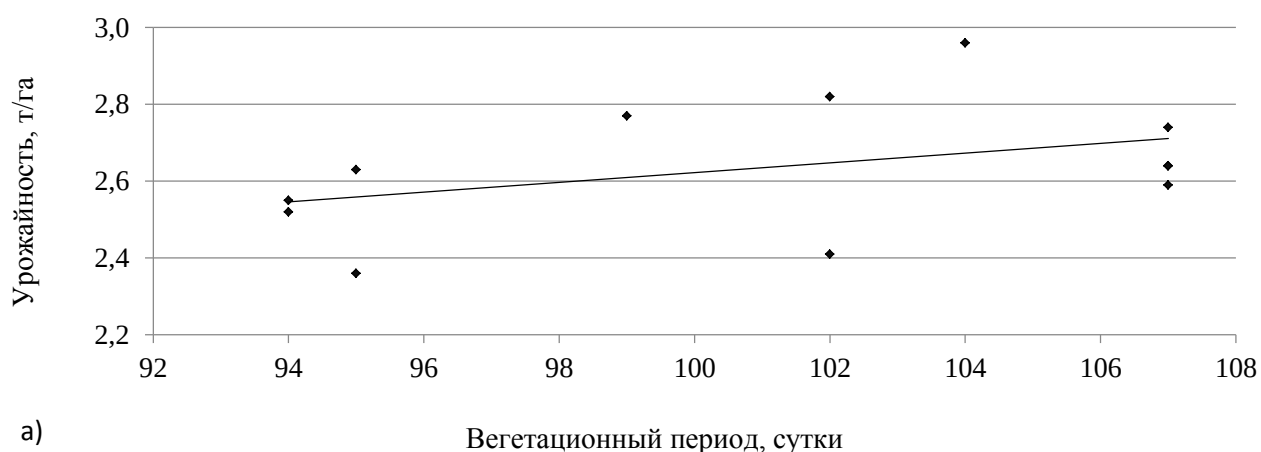
Сопоставление данных селекционного питомника с урожайностью семян в контрольном питомнике 2014 г. полностью подтверждает сделанные выводы (Таблица 72). В очень ранней группе урожайность оказалась выше у сортов, отобранных с наибольшей массой семян, а в двух других группах спелости – с наибольшим уборочным индексом.

Таблица 72 – Урожайность сортов сои в контрольном 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.

Наклон линий регрессии на графиках в 2014 году был аналогичным, подтверждением этому служат уравнения регрессии. Для очень ранней группы – $y=0,127x+13,54$; для раннеспелой – $y=-0,487x+76,91$ и для среднеспелой – $y=-0,055x+27,81$ (Рисунок 33).



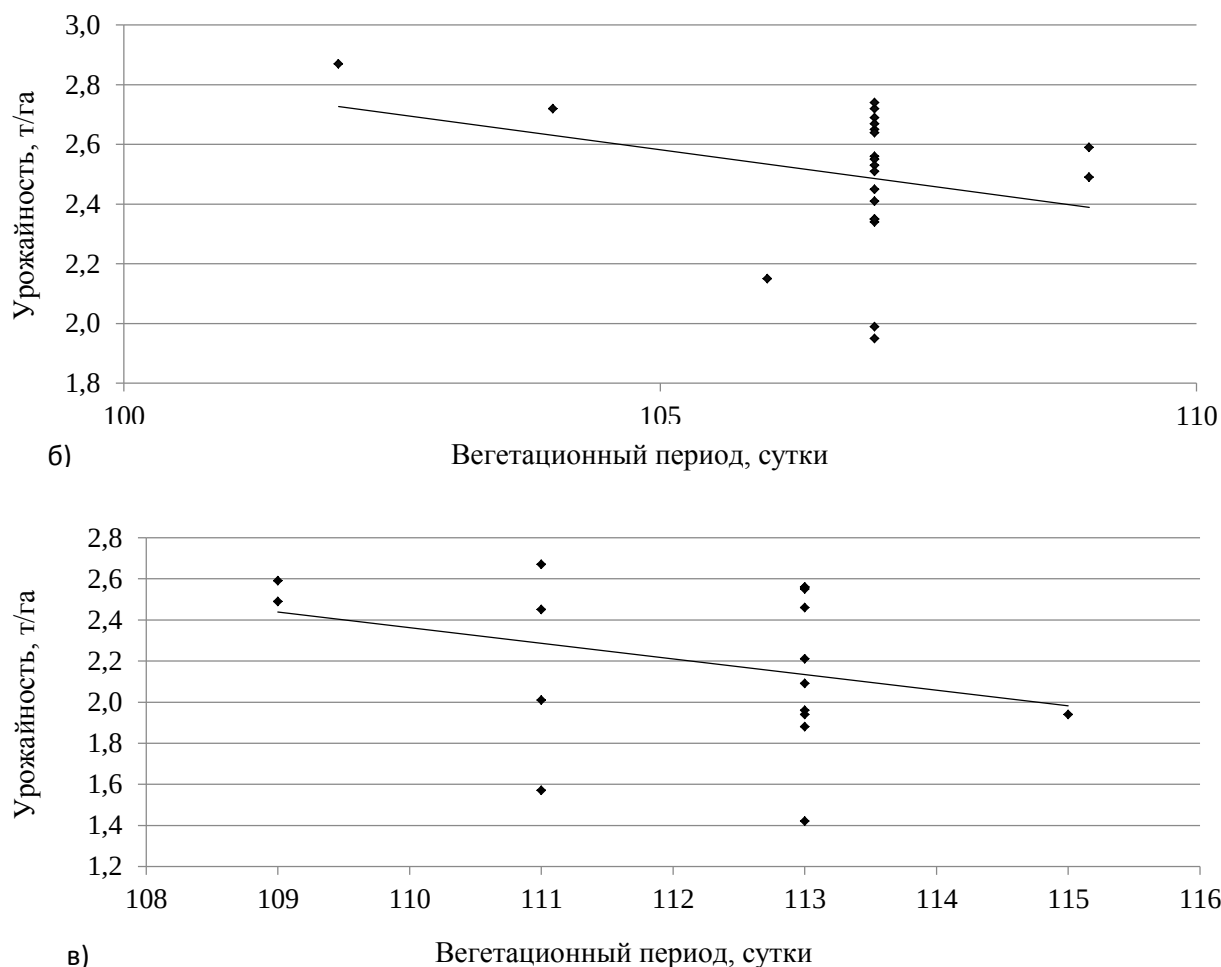


Рисунок 33 – Регрессия урожайности семян сортов сои в конкурсном испытании на продолжительность их вегетационных периодов (а) очень ранняя группа; б) раннеспелая группа; в) среднеспелая группа, 2014 г.)

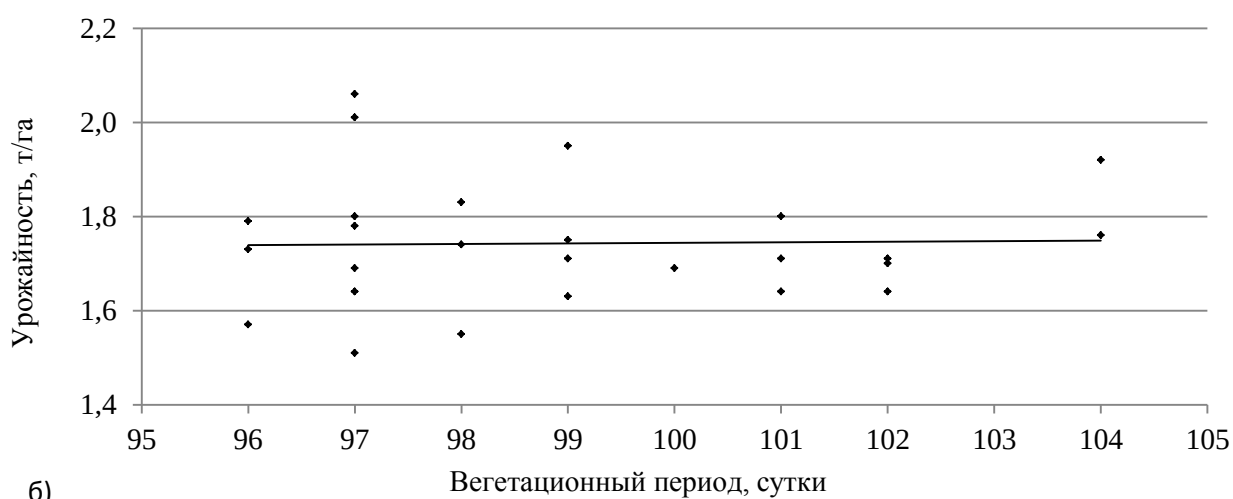
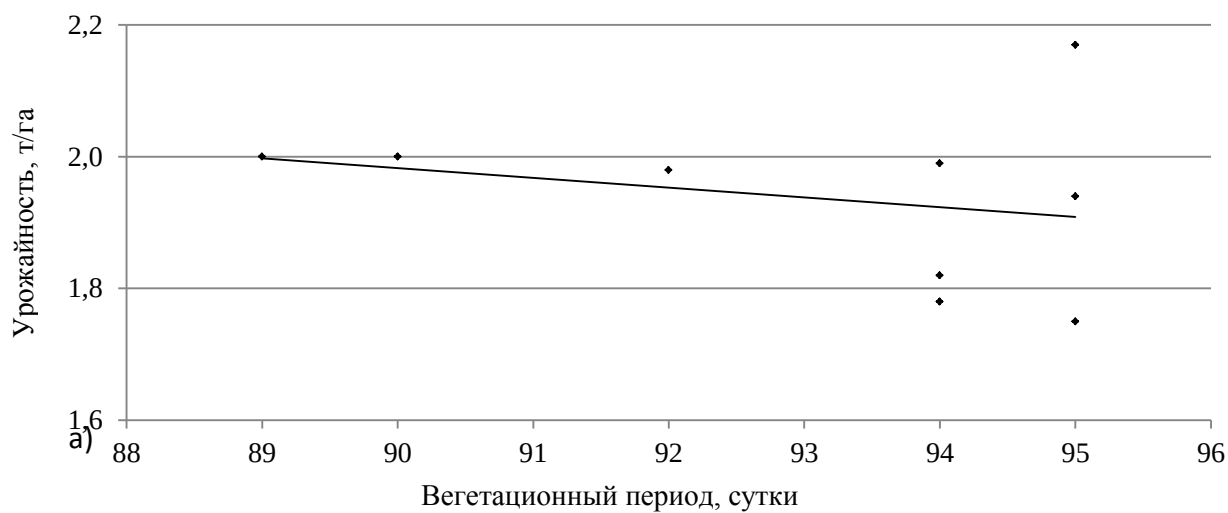
Данные об урожайности в контрольном питомнике также подтвердили эти закономерности (Таблица 73). Так, урожайность лучших по массе семян очень ранних линий в контрольном питомнике составила 2,38 т/га, а по уборочному индексу – 2,35 т/га. В раннеспелой группе различия были более существенными – 2,05 т/га у линий, отобранных по максимальному уборочному индексу, и на 0,12 т/га меньше – по массе семян. В среднеспелой группе линии, отобранные по уборочному индексу, оказались продуктивнее на 0,17 т/га.

Графики зависимости урожайности от продолжительности вегетационного периода в 2015 году в конкурсном испытании выглядели следующим образом (Рисунок 34).

Таблица 73 – Урожайность сортов сои в контрольном питомнике, 2015 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	43	2,37	2,35 (n=14)*	2,38 (n=14)
Раннеспелая	232	1,94	2,05 (n=76)	1,93 (n=76)
Среднеспелая	61	1,66	1,80 (n=20)	1,63 (n=20)

* n – количество отобранных линий, шт.



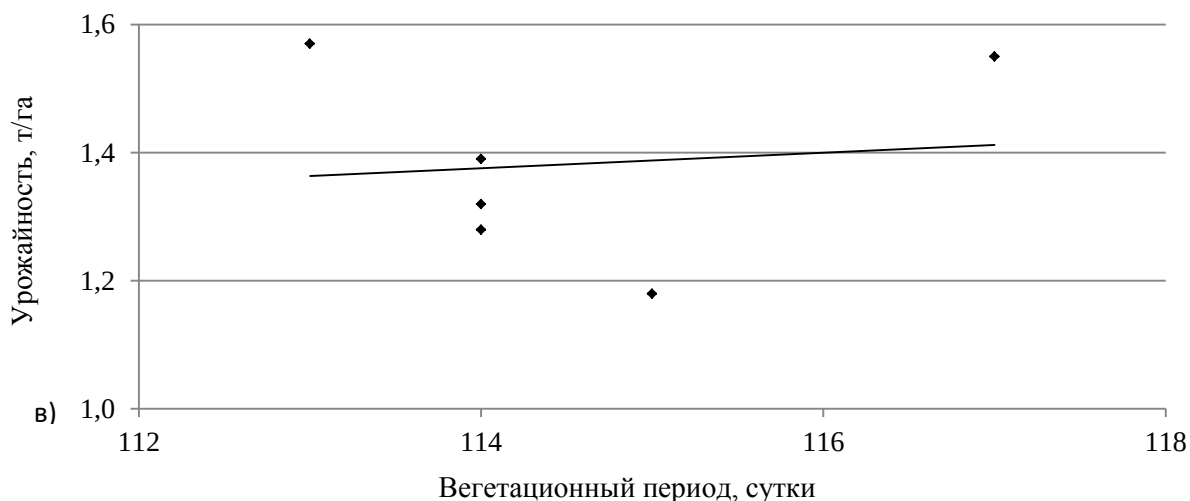


Рисунок 34 – Регрессия урожайности семян сортов сои в конкурсном испытании на продолжительность их вегетационных периодов: а) очень ранняя группа; б) раннеспелая группа; в) среднеспелая группа (2015 г.)

Данные свидетельствуют о том, что отбор очень ранних сортов будет эффективнее в 2015 году по уборочному индексу, а раннеспелых и среднеспелых – по массе семян. Надо отметить, что по сравнению с предыдущими двумя годами (2013 и 2014 гг.) этот год был более засушливым, средняя урожайность ниже, а наклон линий регрессии слабо выражен [245].

При этом сопоставление данных с урожайностью семян в контрольном питомнике (урожай 2016 г.) подтверждают выбранные направления отбора (Таблица 74). Более урожайными в 2016 году оказались очень ранние линии, отобранные по высокому уборочному индексу, и по массе семян для остальных групп спелости.

Таблица 74 – Урожайность сортов сои в контрольном питомнике, 2016 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	20	1,78	1,78 (n=7)	1,73 (n=7)
Раннеспелая	111	2,08	2,00 (n=37)	2,14 (n=37)
Среднеспелая	187	2,01	2,02 (n=62)	2,04 (n=62)

* n – количество отобранных линий, шт.

Зависимости продуктивности и продолжительности вегетационного периода в конкурсном испытании 2016 года были аналогичными как в 2013 и 2014 годах. Уравнения линий регрессии было следующими: для очень ранних сортов $y=0,051x+10,958$; для раннеспелых $y=-0,118x+29,997$; для среднеспелых $y=-0,162x+38,71$ [245].

В контрольном питомнике 2017 года закономерно лучшими в очень ранней группе оказались сорта, отобранные по массе семян, а в раннеспелой и среднеспелой – по уборочному индексу (Таблица 75) [245].

Таблица 75 – Урожайность сортов сои в контрольном питомнике, 2017 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	54	2,53	2,66 (n=18)	2,75 (n=18)
Раннеспелая	185	2,26	2,28 (n=61)	2,17 (n=61)
Среднеспелая	97	23,5	2,42 (n=32)	2,40 (n=32)

* 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

ранее, часто рядом с продуктивным высококонкурентоспособным генотипом оказывается менее продуктивный. В связи с этим было решено изучить сорта, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, для исключения межгенотипической конкуренции растений внутри делянки и влияния краевого эффекта, так как в пределах одного сорта он идентичен. Помимо традиционной оценки генотипов в селекционном питомнике по массе семян с делянки, в данном опыте были изучены биомасса и уборочный индекс. При этом мы усилили влияние межделяночной конкуренции тем, что сорта относились к трем разным группам спелости [387].

Повышение точности оценки в селекционном питомнике, определение степени взаимного влияния соседних генотипов, отличающихся по продолжительности вегетационного периода, друг на друга, послужило целью данного исследования [387].

Материалом для исследований служили сорта сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК Лира, Славия и Вилана. Данные сорта широко используются в производстве, отличаются продолжительностью вегетационного периода. Лира относится к очень ранней, Славия – среднераннеспелой, Вилана – среднеспелой группам спелости. В 2017 году сорт Лира созрел на 7 суток раньше сорта Славия, и на 14 суток раньше сорта Вилана. Разница в вегетационном периоде составила в 2018 году 14 и 25 суток, в 2020 г. – 16 и 22 суток, соответственно. Разница между созревaniem сортов Славия и Вилана в годы исследований составили 7, 11 и 6 суток соответственно [387].

Сорта высевали на делянках разной конфигурации по типу селекционного питомника без защитных рядов: один ряд длиной 2,5 м, учетная площадь 1,75 м² (СП-1), два ряда длиной 2,5 м, учетная площадь 3,5 м² (СП-2) и один ряд длиной 5 м, учетная площадь 3,5 м² (СП-3), повторность шестикратная. Во всех типах питомников сорта высевали в монопосеве и чередуясь друг с другом [387].

Изучение проводили в 2017, 2018, 2020 гг. Метеоусловия в годы проведения исследований незначительно отличались. Так, гидротермический коэффициент (ГТК)

за май-август 2017 года составил 0,995, в 2018 – 0,770, в 2020 г. – 0,757, что свидетельствует о недостаточном увлажнении в годы проведения исследований [387].

Масса семян у сорта Ли́ра в среднем за три года на делянках разных типов в монопосеве изменялась от 228,1 до 260,1 г/м². При этом коэффициент вариации изменялся от 2,55 до 13,57 %. В большинстве случаев он был незначительным (до 10 %) (Таблица 76) и только в 2017 г. на однорядных делянках длиной 2,5 м характеризовался как средний (Приложение Е.1).

Таблица 76 – Влияние типа делянки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на массу семян сорта сои Ли́ра, коэффициенты вариации и конкурентоспособность (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Масса семян		
	г/м ²	C _v , %	Com*
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Ли́ра	260,1	2,55–13,57	-
Ли́ра (Славия)	262,5	6,22–9,90	1,01
Ли́ра (Вилана)	218,8	3,33–15,51	0,84
НСР ₀₅	16,95	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Ли́ра	257,1	5,64–8,95	-
Ли́ра (Славия)	251,1	2,62–10,41	0,98
Ли́ра (Вилана)	247,2	5,71–9,13	0,96
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Ли́ра	228,1	4,61–9,26	-
Ли́ра (Славия)	220,1	3,58–10,31	0,96
Ли́ра (Вилана)	202,9	8,82–16,77	0,89
НСР ₀₅	13,11	-	-

* Com конкурентоспособность сорта

Однако, напротив, в 2018 г. на делянках этого же типа коэффициент вариации был наименьший 2,55 %.

Вариабельность биомассы была примерно в тех же пределах 3,16–11,29 %, в двух из девяти случаев превысив 10 %-ный уровень (Таблица 77, Приложения Е.1, Е.2, Е.3). Вариабельность уборочного индекса в опыте была наименьшей 2,16–6,05 % (Таблица 78, Приложения Е.1, Е.2, Е.3), что свидетельствует о большей

стабильности данного показателя по сравнению с прямым взвешиванием на небольших делянках без повторностей и защитных рядов [387].

Таблица 77 – Влияние типа делянки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на биомассу сорта сои Лира, коэффициенты вариации и конкурентоспособность (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Биомасса		
	г/м ²	C _v , %	Com*
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Ли́ра	648,3	3,16–10,81	-
Ли́ра (Славия)	649,6	6,15–10,04	1,00
Ли́ра (Вилана)	582,9	5,94–14,90	0,90
НСР ₀₅	41,77	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Ли́ра	653,4	5,75–8,98	-
Ли́ра (Славия)	607,3	3,53–12,53	0,93
Ли́ра (Вилана)	622,2	5,89–10,13	0,95
НСР ₀₅	35,74	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Ли́ра	537,8	4,17–11,29	-
Ли́ра (Славия)	525,7	3,90–9,15	0,98
Ли́ра (Вилана)	497,4	7,43–12,96	0,95
НСР ₀₅	26,14	-	-

* Com конкурентоспособность сорта

Что касается фактических значений показателей, максимальная масса семян была отмечена на делянках с наименьшей площадью, то есть СП-1, на этом же уровне формировал урожай семян сорт Ли́ра в питомнике СП-2, и в среднем на 11–12 % или на 29–32 г/м² была меньше масса семян на однорядных пятиметровых делянках, чем в этих двух питомниках. Закономерно достоверно ниже была биомасса в питомнике СП-3, чем в СП-1 и СП-2. В селекционном питомнике по типу СП-2 отмечена меньшая биомасса по сравнению с СП-1. При этом достоверных отличий по уборочному индексу между делянками разных типов не выявлено.

Таблица 78 – Влияние типа деланки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на уборочный индекс сорта сои Лира, коэффициенты вариации и конкурентоспособность (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Уборочный индекс	C_v , %	lim min–max
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Лира	0,42	2,92–4,14	0,31–0,45
Лира (Славия)	0,41	1,30–9,57	0,27–0,46
Лира (Вилана)	0,40	3,13–8,05	0,26–0,47
НСР ₀₅	$F_f < F_t$	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Лира	0,39	3,95–5,84	0,30–0,45
Лира (Славия)	0,40	3,19–9,72	0,28–0,46
Лира (Вилана)	0,39	3,22–9,91	0,29–0,46
НСР ₀₅	$F_f < F_t$	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Лира	0,39	2,16–6,05	0,35–0,47
Лира (Славия)	0,40	1,30–4,52	0,35–0,47
Лира (Вилана)	0,39	4,73–12,22	0,30–0,47
НСР ₀₅	$F_f < F_t$	-	-

Межделяночная конкуренция была тем выше, чем больше разница по продолжительности вегетационного периода. Так, сорт Славия оказывал несущественное влияние на изменение массы семян и биомассы у сорта Лира практически во всех типах селекционного питомника. Исключение составило уменьшение биомассы на 7 % в СП-2. Расположение сорта Вилана рядом с сортом Лира способствовало существенному уменьшению этих показателей в СП-1 и СП-3. При этом коэффициент вариации массы семян у сорта Лира составил 3,33–16,77 %, в трех вариантах из девяти характеризующийся как средний (в 2018 и 2020 гг. в питомнике СП-3 и в СП-1 в 2020 г.). Коэффициент вариации биомассы составил в этих вариантах 5,94–14,90 %, в четырех случаях превысив 10 %. Фактически урожайность сорта Лира при посеве рядом с сортом Вилана в СП-1 и СП-3 была ниже на 18,9 и 12,4 %, соответственно, чем в монопосеве. При этом снижение биомассы было менее выражено – на 11,2 и 8,1 %, соответственно. Можно предположить, что до определенного времени конкуренция между сортами была не столь значительна и биомассу очень ранний сорт успел

накопить, а уже в генеративной фазе конкурентное преимущество имел более мощный и поздний сорт. Однако величина уборочного индекса свидетельствует о том, что сорт Ли́ра несмотря на уменьшение абсолютных показателей, в общем урожае биомассы формировал 39–42 % семян. И эти величины находились в пределах ошибки опыта. Коэффициент вариации уборочного индекса сорта Ли́ра рядом с сортом Вилана только в варианте СП-3 в 2018 г. составил 12,22 %, во всех остальных случаях он не превышал 10 %. Тем не менее, он был почти в 2 раза выше, чем в монопосеве сорта Ли́ра [387].

Сорт Славия проявлял стабильность всех определяемых показателей во всех вариантах опыта (Таблицы 79, 80, 81, Приложения Е.4, Е.5, Е.6). Единственный вариант, когда были в среднем за три года отмечены достоверные отличия – это бо́льшая биомасса при посеве чередующимися рядами с сортом Ли́ра в сравнении с чередованием с сортом Вилана в СП-3. При этом с монопосевом ни в том, ни другом варианте достоверных отличий не выявлено.

Таблица 79 – Влияние типа делянки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на массу семян сорта сои Славия, коэффициенты вариации и конкурентоспособность (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Масса семян		
	г/м ²	C _v , %	Com*
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Славия	307,1	8,36–11,54	-
Славия (Ли́ра)	304,1	5,60–12,23	0,99
Славия (Вилана)	303,0	4,87–10,37	0,99
НСР ₀₅	F _t <F _t	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Славия	299,5	6,49–10,15	-
Славия (Ли́ра)	311,9	5,06–14,92	1,04
Славия (Вилана)	305,2	7,23–10,29	1,02
НСР ₀₅	F _t <F _t	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Славия	269,7	3,66–9,71	-
Славия (Ли́ра)	285,6	3,41–6,65	1,06
Славия (Вилана)	261,5	5,12–7,05	0,97
НСР ₀₅	F _t <F _t	-	-

* Com конкурентоспособность сорта

Таблица 80 – Влияние типа делянки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на биомассу сорта сои Славия, коэффициенты вариации и конкурентоспособность (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Биомасса		
	г/м ²	C _v , %	Com*
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Славия	783,5	7,50–9,83	-
Славия (Ли́ра)	788,6	8,48–10,23	1,01
Славия (Вилана)	773,3	6,34–12,90	0,99
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Славия	763,2	7,45–10,73	-
Славия (Ли́ра)	795,0	3,87–17,00	1,04
Славия (Вилана)	781,0	5,54–10,17	1,02
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Славия	668,9	4,22–8,74	-
Славия (Ли́ра)	688,9	4,90–6,64	1,03
Славия (Вилана)	649,2	4,37–6,31	0,97
НСР ₀₅	26,60	-	-

* Com конкурентоспособность сорта

Таблица 81 – Влияние типа делянки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на уборочный индекс сорта сои Славия, коэффициенты вариации и конкурентоспособность (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Уборочный индекс	C _v , %	lim min–max
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Славия	0,39	3,29–4,80	0,35–0,42
Славия (Ли́ра)	0,38	4,97–5,37	0,32–0,43
Славия (Вилана)	0,39	2,81–5,43	0,34–0,44
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Славия	0,39	2,82–5,90	0,32–0,43
Славия (Ли́ра)	0,39	2,98–3,63	0,34–0,43
Славия (Вилана)	0,39	1,60–9,91	0,33–0,46
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Славия	0,40	2,30–4,78	0,36–0,43
Славия (Ли́ра)	0,40	3,13–6,07	0,33–0,44
Славия (Вилана)	0,40	1,73–3,81	0,37–0,45
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-

Коэффициент вариации по массе семян в монопосеве был в большинстве вариантов ниже 10 %, и только в СП-1 и СП-2 в 2020 г. несущественно превысил этот порог соответственно на 0,15 и 1,54 %. Биомасса была более стабильна и только в СП-2 в 2018 г. коэффициент вариации составил 10,73 %. Коэффициент вариации уборочного индекса изменялся от 2,30 до 5,90 %. Несмотря на отсутствие отличий в абсолютных величинах между монопосевом и чередующимися рядами, коэффициент вариации у сорта Славия был наибольшим в СП-2 рядом с сортом Лира как по массе семян, так и по надземной биомассе [387].

Масса семян в питомниках СП-1 и СП-2 в среднем по вариантам была на одном уровне, в СП-3 этот показатель закономерно был меньше на 12,2 % и 10,0 % и соответственно. По биомассе отличия были более значительны – на 14,6 и 12,4 %. Это повлияло на незначительное (на 0,01) увеличение уборочного индекса в питомнике СП-3.

Масса семян у сорта Вилана в монопосеве характеризовалась более высокой изменчивостью, чем у других сортов (Таблица 82, Приложения Е.7, Е.8, Е.9). Коэффициент вариации превышал 10 % в трех вариантах: СП-3 в 2018 г., СП-1 в 2018 и 2020 гг. При этом только в СП-1 в 2020 г. он превысил 10 %-ный уровень по биомассе (Таблица 83, Приложение Е.7). Коэффициент вариации уборочного индекса у сорта Вилана был выше, чем у других сортов (2,98–10,75 %), с максимумом в СП-3 2018 г. (Таблица 84).

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. Только в варианте рядом с сортом Славия было существенное уменьшение уборочного индекса в СП-1. В СП-2 существенных отличий по изучаемым показателям не отмечено. При этом максимальные значения коэффициента вариации в опыте отмечены именно на сорте Вилана рядом с сортом Славия по массе семян (20,54 %) и уборочному индексу (16,37 %). Это говорит о том, что сорт Вилана сильнее остальных сортов в опыте реагирует на межделяночную конкуренцию, повышая продуктивность рядом с очень ранним сортом и снижая стабильность изучаемых показателей рядом со среднераннеспелым сортом [387].

Таблица 82 – Влияние типа делянки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на массу семян сорта сои Вилана, коэффициенты вариации и конкурентоспособность (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Масса семян		
	г/м ²	C _v , %	Com*
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Вилана	292,5	7,44–11,84	-
Вилана (Ли́ра)	325,3	11,02–15,95	1,11
Вилана (Славия)	297,3	5,56–10,93	1,02
НСР ₀₅	23,99	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Вилана	294,4	5,66–7,33	-
Вилана (Ли́ра)	299,4	4,77–11,05	1,02
Вилана (Славия)	302,5	3,74–9,31	1,03
НСР ₀₅	F _t <F _t	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Вилана	249,4	7,60–12,76	-
Вилана (Ли́ра)	280,1	6,31–15,01	1,12
Вилана (Славия)	254,3	5,76–20,54	1,02
НСР ₀₅	19,55	-	-

* Com конкурентоспособность сорта

Таблица 83 – Влияние типа делянки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на биомассу сорта сои Вилана, коэффициенты вариации и конкурентоспособность (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Биомасса		
	г/м ²	C _v , %	Com*
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Вилана	850,8	7,29–12,73	-
Вилана (Ли́ра)	973,3	4,22–15,95	1,14
Вилана (Славия)	911,8	5,39–10,10	1,07
НСР ₀₅	57,57	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Вилана	875,1	5,43–7,67	-
Вилана (Ли́ра)	906,7	3,90–5,80	1,04
Вилана (Славия)	887,9	2,96–6,52	1,01
НСР ₀₅	F _t <F _t	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Вилана	731,4	7,72–9,06	-
Вилана (Ли́ра)	810,5	6,73–12,77	1,11
Вилана (Славия)	753,8	3,57–12,65	1,03
НСР ₀₅	45,57	-	-

* Com конкурентоспособность сорта

Таблица 84 – Влияние типа делянки селекционного питомника и межделяночной конкуренции на уборочный индекс сорта сои Вилана, коэффициенты вариации (среднее за 2017, 2018, 2020 гг.)

Сорт	Уборочный индекс	C_v , %	lim min–max
1 ряд длиной 2,5 м (СП-1)			
Вилана	0,34	2,98–9,59	0,25–0,40
Вилана (Ли́ра)	0,33	1,67–8,02	0,22–0,39
Вилана (Славия)	0,32	1,97–12,98	0,22–0,39
НСР ₀₅	0,01	-	-
2 ряда длиной 2,5 м (СП-2)			
Вилана	0,33	3,07–5,19	0,27–0,37
Вилана (Ли́ра)	0,32	2,77–9,23	0,22–0,39
Вилана (Славия)	0,34	1,93–6,85	0,25–0,38
НСР ₀₅	$F_t < F_t$	-	-
1 ряд длиной 5 м (СП-3)			
Вилана	0,34	3,60–10,75	0,25–0,37
Вилана (Ли́ра)	0,35	3,56–8,11	0,27–0,39
Вилана (Славия)	0,34	3,17–16,37	0,23–0,38
НСР ₀₅	$F_t < F_t$	-	-

Опыты с гибридами кукурузы показали, что проявление различий по конкурентоспособности в основном компенсаторны: повышению продуктивности сильного конкурента соответствует такое же снижение слабого [303]. Если за 100 % брать истинную урожайность сорта в монопосеве в каждом типе питомника, то конкурентоспособность сорта Ли́ра была ниже рядом с сортом Вилана на однорядных делянках (0,84–0,89). 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 межделяночную конкуренцию. Конкурентоспособность сорта Ли́ра рядом с сортом Славия была на уровне 0,96–1,01, что на фоне отсутствия фактических отличий по массе семян является незначительной [387].

Закономерно урожайность сорта Вилана рядом с сортом Ли́ра в СП-1 и СП-3 увеличивалась 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 межделяночная конкуренция. На двухрядных делянках прибавка относительно монопосева составила всего 1,7 %, аналогично сорту Ли́ра [387].

Сорт Сла́вия демонстрировал прибавку массы семян рядом с сортом Ли́ра в СП-2 и СП-3 (4,1–5,9 %) и уменьшил продуктивность на 1,0 % в СП-1. Ли́ра реагировала закономерно уменьшая и увеличивая продуктивность [387].

Такая же компенсация наблюдалась и при чередовании сортов Сла́вия и Ви́лана. Сла́вия уменьшала массу семян с делянки в СП-1 и СП-3 на 1,3 и 3,0 %, а Ви́лана увеличивала на 1,6 и 2,0 %. И только в СП-2 оба сорта продемонстрировали прибавку на 1,9 и 2,8 %, еще раз подтвердив наше предположение, что вклад краевых растений выше межделяночной конкуренции в этом типе питомника.

Таким образом, межделяночная конкуренция значительно влияет на массу семян и биомассу сортов сои при размещении разных по вегетационному периоду генотипов. Уборочный индекс является наиболее стабильным признаком и не изменяется в зависимости от типа селекционного питомника и соседних генотипов, исходя из чего при оценке материала в селекционном питомнике следует учитывать его показатели [387].

Коэффициент вариации по массе семян и биомассе в большинстве вариантов был незначительными (до 10 %), при этом максимумы отмечены при соседнем расположении очень раннего и среднеспелого сорта на однорядных делянках, что подтверждает искажение оценок в селекционном питомнике без защитных рядов у значительно отличающихся по вегетационному периоду генотипов [387].

Увеличенное в два раза количество краевых растений на двухрядных делянках нивелирует межделяночную конкуренцию. В случаях, когда невозможно высеять 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 деланки длиной 2,5 м. Этот тип деланок наиболее оптимален и в связи с уменьшением объема работ при уборке [387].

9.7 Краевой эффект и показатели продуктивности

Предварительный анализ данных изучения межгенотипической конкуренции и значимость вклада краевых растений в общую урожайность генотипов на деланках разной величины показал необходимость изучения этого параметра. В 2020 году на этом же наборе сортов (Лира, Славия, Вилана) дополнительно были заложены деланки и убраны 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 деланки.

Закономерно масса семян у сорта Лира в монопосеве уменьшилась на деланках, убранных без краевых растений (Таблица 85). Уменьшение это составило 26,9 г, что демонстрирует вклад краевых растений в общую массу деланки на уровне 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 с 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 деланки.

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

Фактически масса семян у сорта Лира в монопосеве в обоих вариантах была достоверно выше, чем при расположении рядом с сортом Вилана, а без краевых растений и рядом с сортом Славия.

Аналогичная закономерность отмечена и при анализе данных по биомассе. Доля прибавки от краевых растений была на том же уровне. Отличия отмечены по

увеличению коэффициента вариации практически во всех вариантах, с сохранением тенденций, отмеченных на массе семян (Таблица 86).

Таблица 85 – Влияние краевых растений на массу семян, коэффициенты вариации и конкурентоспособность сорта сои Ли́ра (2020 г.)

Сорт	Масса семян			C _v , %	C _{om}	Доля прибавки краевых растений в общей массе семян с делянки, %
	г/м ²	min	max			
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями						
Ли́ра	317,0	296,0	345,1	6,01	-	9,3
Ли́ра (Славия)	297,6	269,7	320,0	6,22	0,94	23,7
Ли́ра (Вилана)	257,1	213,7	318,9	15,51	0,81	-
НСР ₀₅	37,35	-	-	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений						
Ли́ра	290,1	252,6	309,7	8,01	-	-
Ли́ра (Славия)	240,6	226,3	268,6	8,74	0,83	-
Ли́ра (Вилана)	264,2	228,6	292,6	11,07	0,91	2,8
НСР ₀₅	25,54	-	-	-	-	-

Таблица 86 – Влияние краевых растений на биомассу, коэффициенты вариации и конкурентоспособность сорта сои Ли́ра (2020 г.)

Сорт	Биомасса растений			C _v , %	C _{om}	Доля прибавки краевых растений в общей биомассе с делянки, %
	г/м ²	min	max			
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями						
Ли́ра	760,0	697,1	857,1	9,45	-	10,83
Ли́ра (Славия)	699,1	651,4	765,7	6,57	0,92	24,00
Ли́ра (Вилана)	596,2	525,7	742,9	12,86	0,78	-
НСР ₀₅	82,75	-	-	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений						
Ли́ра	685,7	617,1	742,9	15,16	-	-
Ли́ра (Славия)	563,8	468,6	582,9	9,30	0,82	-
Ли́ра (Вилана)	601,9	502,9	674,3	9,88	0,88	0,96
НСР ₀₅	72,34	-	-	-	-	-

Уборочный индекс при этом сохранял стабильность, находясь в диапазоне 0,42–0,44, и характеризуясь незначительным коэффициентом вариации (Таблица 87).

Таблица 87 – Влияние краевых растений на уборочный индекс сорта сои Лира (2020 г.)

Сорт	Уборочный индекс			C _v , %
	средний	min	max	
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями				
Ли́ра	0,42	0,40	0,44	4,14
Ли́ра (Славия)	0,43	0,40	0,45	3,89
Ли́ра (Вилана)	0,43	0,39	0,47	7,19
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений				
Ли́ра	0,42	0,41	0,44	3,5
Ли́ра (Славия)	0,43	0,40	0,46	5,15
Ли́ра (Вилана)	0,44	0,39	0,48	6,63
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-

У сорта Славия отмеченная ранее стабильность по всем вариантам не подтвердилась на рядах без краевых растений. Масса семян на делянках с чередованием с сортом Вилана была достоверно выше, чем рядом с сортом Лира и в монопосеве (Таблица 88). При этом масса семян в варианте с чередованием с сортом Вилана с краевыми растениями и без них была на одном уровне. Вклад краевых растений был незначительным. В двух других вариантах чуть более чем на 17 % урожай на делянках, убранных с краевыми растениями, формировался за счет них. Коэффициент вариации только в выделившемся варианте без краевых растений с чередованием с сортом Вилана был менее 10 %, в остальных вариантах изменялся от 10,4 до 12,2 %.

По биомассе наблюдались те же тенденции, что и по массе семян (Таблица 89). На 3–5 % был выше вклад краевых растений в общую биомассу с делянки в монопосеве и при чередовании с сортом Лира.

Таблица 88 – Влияние краевых растений на массу семян, коэффициенты вариации и конкурентоспособность сорта сои Славия (2020 г.)

Сорт	Масса семян			C _v , %	Com	Доля прибавки краевых растений в общей массе семян с делянки, %
	г/м ²	min	max			
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями						
Славия	360,8	323,4	422,9	11,54	-	17,52
Славия (Ли́ра)	378,1	312,0	445,7	12,23	1,05	17,31
Славия (Вилана)	376,0	320,0	432,0	10,37	1,04	1,81
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений						
Славия	307,0	256,0	352,0	11,09	-	-
Славия (Ли́ра)	322,3	284,6	380,6	11,75	1,05	-
Славия (Вилана)	369,3	332,6	422,9	9,02	1,20	-
НСР ₀₅	33,16	-	-	-	-	-

Таблица 89 – Влияние краевых растений на биомассу, коэффициенты вариации и конкурентоспособность сорта сои Славия (2020 г.)

Сорт	Биомасса растений			C _v , %	Com	Доля прибавки краевых растений в общей биомассе с делянки, %
	г/м ²	min	max			
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями						
Славия	904,8	811,4	1028,6	9,83	-	20,56
Славия (Ли́ра)	906,7	754,3	1040,0	10,23	1,00	22,36
Славия	916,2	777,1	1108,6	12,90	1,01	2,13
HCP ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений						
Славия	750,5	628,6	857,1	12,21	-	-
Славия (Ли́ра)	741,0	640,0	868,6	11,27	0,99	-
Славия	897,1	800,0	994,3	8,13	1,20	-
HCP ₀₅	80,12	-	-	-	-	-

Уборочный индекс выделился лишь в одном варианте – рядом с сортом Ли́ра и составил 0,44 (Таблица 90). В остальных вариантах он был 0,40–0,42. Закономерно низким был и коэффициент вариации этого показателя.

Таблица 90 – Влияние краевых растений на уборочный индекс сорта сои Славия (2020 г.)

Сорт	Уборочный индекс			C _v , %
	средний	min	max	
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями				
Славия	0,40	0,38	0,41	3,53
Славия (Ли́ра)	0,42	0,38	0,43	4,97
Славия (Вилана)	0,41	0,39	0,44	4,31
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений				
Славия	0,41	0,40	0,43	3,34
Славия (Ли́ра)	0,44	0,41	0,45	3,04
Славия (Вилана)	0,41	0,39	0,43	3,25
НСР ₀₅	0,02	-	-	-

У сорта Вилана отличий по массе семян на делянках, убранных с краевыми растениями, не было, а рядом с сортом Ли́ра на делянках, убранных без крайних рядов, было значительным (Таблица 91). При этом вклад краевых растений в этом варианте был минимальным и составил всего 4,8 %, что подтверждает ранее сделанное предположение о значительной роли межгенотипической конкуренции и преимуществе более позднего сорта над ранним. В двух других вариантах вклад краевых растений был на уровне 15–22 %. Коэффициент вариации был незначительным только на делянках, чередующихся с сортом Славия. В остальных случаях он характеризовался средним уровнем.

По биомассе отмечено существенное преимущество на делянках сорта Вилана, чередующихся с сортом Ли́ра (Таблица 92). При этом доля вклада краевых растений в общий показатель биомассы составляла 11 %. Несколько больше этот вклад был в остальных вариантах – 18,4–18,7 %. Коэффициент вариации был незначительным только на делянках, чередующихся с сортом Славия, убранных с краевыми растениями. В остальных случаях он составлял 10,7–13,0 %.

Таблица 91 – Влияние краевых растений на массу семян, коэффициенты вариации и конкурентоспособность сорта сои Вилана (2020 г.)

Сорт	Масса семян			C _v , %	C _{om}	Доля прибавки краевых растений в общей массе семян с делянки, %
	г/м ²	min	max			
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями						
Вилана	371,8	309,7	426,3	11,61	-	22,38
Вилана (Ли́ра)	396,2	331,4	499,4	14,02	1,07	4,79
Вилана (Славия)	367,8	342,9	395,4	5,56	0,99	15,22
Критерий F	F _f <F _t	-	-	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений						
Вилана	303,8	238,9	354,3	12,43	-	-
Вилана (Ли́ра)	378,1	283,4	434,3	14,57	1,24	-
Вилана (Славия)	319,2	280,0	362,3	9,84	1,05	-
НСР ₀₅	55,62	-	-	-	-	-

Таблица 92 – Влияние краевых растений на биомассу, коэффициенты вариации и конкурентоспособность сорта сои Вилана (2020 г.)

Сорт	Биомасса растений			C _v , %	C _{om}	Доля прибавки краевых растений в общей биомассе с делянки, %
	г/м ²	min	max			
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями						
Вилана	1017,1	834,3	1222,9	12,73	-	18,4
Вилана (Ли́ра)	1133,3	971,4	1360,0	11,38	1,11	11,00
Вилана (Славия)	1076,2	1028,6	1188,6	5,39	1,06	18,69
НСР ₀₅	80,48	-	-	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений						
Вилана	859,0	754,3	948,6	13,02	-	-
Вилана (Ли́ра)	1021,0	834,3	1165,7	11,58	1,19	-
Вилана (Славия)	906,7	765,7	1051	10,72	1,06	-
НСР ₀₅	116,3	-	-	-	-	-

Отличий по уборочному индексу не наблюдали. Он во всех вариантах опыта в среднем составил 0,34–0,37 % (Таблица 93). Довольно высокий коэффициент вариации отмечался в монопосеве– 8,0–8,1 %.

Таблица 93 – Влияние краевых растений на уборочный индекс сорта сои Вилана (2020 г.)

Сорт	Уборочный индекс			C _v , %
	средний	min	max	
1 ряд длиной 2,5 м с краевыми растениями				
Вилана	0,37	0,32	0,40	8,02
Вилана (Лира)	0,35	0,33	0,37	4,14
Вилана (Славия)	0,34	0,33	0,37	4,99
Критерий F	F _f <F _t	-	-	-
1 ряда длиной 2,5 м без краевых растений				
Вилана	0,36	0,31	0,40	8,11
Вилана (Лира)	0,37	0,34	0,40	5,79
Вилана (Славия)	0,35	0,32	0,38	5,85
Критерий F	F _f <F _t	-	-	-

Конкуrentоспособность сорта Лира по массе семян была наименьшей на делянках, чередующихся с сортом Вилана и убранных с краевыми растениями ($Com=0,81$). Практически на этом же уровне была низкая конкурентоспособность рядом с сортом Славия, но без краевых растений ($Com=0,83$). При этом сорт Славия незначительно повысил массу семян рядом с сортом Лира, конкурентоспособность составила 1,05. Не так сильно повысилась урожайность и у сорта Вилана ($Com=1,07$). Максимально высокая конкурентоспособность отмечена у сорта Вилана на делянках, чередующихся с сортом Лира и убранных без крайних рядов ($Com=1,24$). В этих условиях сорт Лира снижал урожай всего на 9 %.

Повышалась конкурентоспособность и у сорта Славия рядом с сортом Вилана ($Com=1,20$), при этом сорт Вилана формировал всего на 5,1 % выше урожай, чем в монопосеве.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии каких-либо стабильных закономерностей при уборке с краевыми растениями и без них. Обращает на себя внимание тот факт, что в большинстве случаев коэффициент вариации на делянках, убранных без крайних рядов, не снижался, а напротив повышался, что не позволяет говорить о преимуществе такой уборки.

Сравнение сортов значительно отличающихся по продолжительности вегетационного периода, демонстрирует, что межгенотипическая конкуренция

более скороспелого генотипа нивелирует вклад краевых растений в общую массу семян с делянки.

Вклад в урожай краевых растений на делянках мы также оценивали в 2004 и 2005 годах на сортах Дельта и Вилана, которые выступали в качестве контролей в те годы в старших питомниках. На одном участке высевали сорта с дорожками между ярусами, ширина ярусов составляла 3 и 5 м, и высевался массив, в котором при уборке отмерялась длина рядков 3 и 5 м. Отдельно убирали по 1, 2, 3 и 5 рядков каждого варианта. Снопы взвешивали, обмолачивали и определяли уборочный индекс.

Погодные условия в годы изучения значительно отличались между собой. Индекс среды в 2004 году составил 0,88, а в 2005 г. -0,88. Это безусловно отразилось на продуктивности сортов. В 2004 году в среднем с 1 м² убирали по 400 г семян сорта Дельта, а в 2005 г. почти в половину меньше – 224,5 г/м² или 44 % (Приложения Ж.1, Ж.2).

Масса семян с трехметровых рядов с краевыми растениями изменялась в среднем за два года от 345,7 до 364,5 г/м², практически столько же семян формировалось на пятиметровых делянках – от 352,1 до 367,5 г/м² (Таблица 94). На делянках без краевого эффекта различия были более существенны: масса семян с делянки изменялась соответственно от 230,8 до 263,4 г/м², и от 280,3 до 306,4 г/м².

Таблица 94 – Масса семян сорта Дельта с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния (среднее за 2004–2005 гг.)

Тип делянки	Пло- щадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ² , г	Вклад краевых растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
1	2	3	4	5	6	7	8
3 м 1 ряд							
С краевыми растениями	1,35	492,1	364,5	136,5	27,7	136,5	101,1
Без краевых растений		355,6	263,4	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевыми растениями	2,7	969,9	359,2	298,1	30,7	149,1	110,4
Без краевых растений		671,8	248,8	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевыми растениями	4,05	1399,9	345,7	465	33,2	155	114,8
Без краевых растений		934,9	230,8	-	-	-	-

Продолжение таблицы 94

1	2	3	4	5	6	7	8
3 м 5 рядов							
С краевыми растениями	6,75	2342,2	347	720,7	30,8	144,1	106,8
Без краевых растений		1621,5	240,1	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевыми растениями	2,25	825,2	366,8	135,9	16,5	135,9	60,4
Без краевых растений		689,3	306,4	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевыми растениями	4,5	1653,7	367,5	296,9	18,0	148,5	66,0
Без краевых растений		1356,8	301,5	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевыми растениями	6,75	2393,3	354,6	501,3	20,9	167,1	74,3
Без краевых растений		1892	280,3	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевыми растениями	11,25	3960,9	352,1	790	19,9	158	70,2
Без краевых растений		3170,9	281,9	-	-	-	-

Прибавка от вклада краевых растений на трехметровых делянках 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 % больше урожая, чем на делянках без краевого эффекта. На пятиметровых делянках вклад краевых растений был на том же уровне и составлял 152,4 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 18,1 %.

Эти данные практически полностью совпадают с данными, полученными нами в 2013–2016 гг., относительно величины завышения массы семян с делянок селекционного питомника в сравнении с конкурсным сортоиспытанием.

Такие же закономерности отмечены при анализе данных по биомассе (Таблица 95, Приложения Ж.3, Ж.4). На трехметровых делянках сорт Дельта формировал биомассу растений 726,9–798,8 г/м², на пятиметровых на том же уровне – 764,0–797,8 г/м². Биомасса краевых растений составляла 178,7–243,8 г/м² на 3-метровых делянках и меньше, как и масса семян на 5-метровых – 130,6–145,1 г/м².

Таблица 95 – Биомасса сорта Дельта с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния (среднее за 2004-2005 гг.)

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ² , г	Вклад краевых растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевыми растениями	1,35	1077,5	798,1	310	28,8	310	229,6
Без краевых растений		767,5	568,5	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевыми растениями	2,7	1962,5	726,9	482,5	24,6	241,25	178,7
Без краевых растений		1480	548,1	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевыми растениями	4,05	3000,9	741,0	987,5	32,9	329,2	243,8
Без краевых растений		2013,4	497,1	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевыми растениями	6,75	5131,7	760,2	1462,5	28,5	292,5	216,7
Без краевых растений		3669,2	543,6	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевыми растениями	2,25	1784,6	793,2	307,95	17,3	307,95	136,9
Без краевых растений		1476,7	656,3	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевыми растениями	4,5	3590	797,8	645,75	18,0	322,9	143,5
Без краевых растений		2944,3	654,3	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевыми растениями	6,75	5176,7	766,9	979,15	18,9	326,4	145,1
Без краевых растений		4197,5	621,9	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевыми растениями	11,25	8595	764,0	1469,2	17,1	293,8	130,6
Без краевых растений		7125,9	633,4	-	-	-	-

Уборочный индекс во всех вариантах опыта изменялся от 0,45 до 0,50 (Таблица 96). 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. В очень благоприятных условиях 2004 года во всех вариантах делянок более высокие значения уборочного индекса отмечали на делянках с междюрусными дорожками (Приложение Ж.5). В засушливых условиях 2005 г. в пяти из 8 вариантов на таких делянках уборочный индекс был даже меньше (Приложение Ж.6). Но несмотря на это, в среднем на делянках с междюрусными дорожками и без них составил одинаково – по 0,47. В

2004 г. – 0,47 и 0,46. Уборочный индекс краевых растений составил в 2004 г. 0,53, в 2005 г. – всего 0,44, а в среднем за два года 0,50.

Таблица 96 – Уборочный индекс сорта Дельта с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния (среднее за 2004–2005 гг.)

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Уборочный индекс с делянки	Уборочный индекс краевых растений
3 м 1 ряд			
С краевыми растениями	1,35	0,45	0,44
Без краевых растений		0,47	-
3 м 2 ряда			
С краевыми растениями	2,7	0,50	0,62
Без краевых растений		0,46	-
3 м 3 ряда			
С краевыми растениями	4,05	0,47	0,47
Без краевых растений		0,47	-
3 м 5 рядов			
С краевыми растениями	6,75	0,46	0,49
Без краевых растений		0,45	-
5 м 1 ряд			
С краевыми растениями	2,25	0,46	0,44
Без краевых растений		0,47	-
5 м 2 ряда			
С краевыми растениями	4,5	0,46	0,46
Без краевых растений		0,46	-
5 м 3 ряда			
С краевыми растениями	6,75	0,47	0,51
Без краевых растений		0,46	-
5 м 5 рядов			
С краевыми растениями	11,25	0,47	0,54
Без краевых растений		0,46	

Низкий уборочный индекс краевых растений свидетельствует о том, что растения до определенного момента накопили большую биомассу, но в критический период эта масса не смогла быть обеспечена генеративными органами, и в итоге семян сформировалось на единицу вегетативной массы даже меньше, чем на растениях без дополнительной площади питания.

Условия вегетации для среднераннеспелого сорта Вилана складывались практически такие же как для раннеспелого Дельта. Средняя урожайность в 2004 года составила 391,3 г/м², а в 2005 г. – 267,2 г/м². Разница составила 46,4 % (Приложения Ж.7, Ж.8).

Масса семян в среднем за два года на трехметровых делянках с междюрусными дорожками изменялась от 364,4 до 398,5 г/м², а без них – от 236,1 до 262,5 г/м². На пятиметровых соответственно от 355,6 до 381,7 г/м² и от 298,6 до 327,7 г/м² (Таблица 97).

Таблица 97 – Масса семян сорта Вилана с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния (среднее за 2004–2005 гг.)

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ² , г	Вклад краевых растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевыми растениями	1,35	508,3	376,5	158,0	31,1	158,0	117,0
Без краевых растений		350,3	259,4	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевыми растениями	2,7	983,9	364,4	286,9	29,2	143,5	106,3
Без краевых растений		697	258,1	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевыми растениями	4,05	1613,9	398,5	657,5	40,7	219,2	162,3
Без краевых растений		956,4	236,1	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевыми растениями	6,75	2568,3	380,5	796,7	31,0	159,3	118,0
Без краевых растений		1771,6	262,5	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевыми растениями	2,25	845,8	375,9	108,5	12,8	108,5	48,2
Без краевых растений		737,3	327,7	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевыми растениями	4,5	1600,4	355,6	256,8	16,0	128,4	57,1
Без краевых растений		1343,7	298,6	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевыми растениями	6,75	2576,8	381,7	469,4	18,2	156,5	69,5
Без краевых растений		2107,4	312,2	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевыми растениями	11,25	4243,2	377,2	833,2	19,6	166,6	74,1
Без краевых растений		3410,0	303,1	-	-	-	-

Масса краевых растений на трехметровых делянках составляла 170 г в среднем на 1 ряд или 125,9 г/м² в пересчете на всю площадь делянки. За счет этих краевых растений урожай с делянки был выше на 33 %. На пятиметровых делянках вклад краевых растений составлял 140 г на 1 ряд или 62,2 г/м². Доля вклада этих растений составляла 16,7 %. Таким образом, тенденция, отмеченная на сорте Дельта, полностью повторилась на сорте Вилана.

Не наблюдали отличий и по накоплению биомассы. Доля вклада краевых растений у сорта Вилана составляла в среднем за два года на трехрядных и пятирядных делянках 29,9 и 15,5 % соответственно (Таблица 98, Приложения Ж.9, Ж.10).

Таблица 98 – Биомасса семян сорта Вилана с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния (среднее за 2004–2005 гг.)

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ² , г	Вклад краевых растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
1	2	3	4	5	6	7	8
3 м 1 ряд							
С краевыми растениями	1,35	1083,8	802,8	307,5	28,4	307,5	227,8
Без краевых растений		776,3	575,0	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевыми растениями	2,7	2022,5	749,1	515	25,5	257,5	190,7
Без краевых растений		1507,5	558,3	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевыми растениями	4,05	3326,5	821,4	1220	36,7	406,7	301,2
Без краевых растений		2106,5	520,1	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевыми растениями	6,75	5355,0	793,3	1525	28,5	305	225,9
Без краевых растений		3830,0	567,4	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевыми растениями	2,25	1793,8	797,2	210	11,7	210	93,3
Без краевых растений		1583,8	703,9	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевыми растениями	4,5	3401,3	755,8	492,5	14,5	246,3	109,4
Без краевых растений		2908,8	646,4	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевыми растениями	6,75	5631,7	834,3	996,7	17,7	332,2	147,7
Без краевых растений		4635,0	686,7	-	-	-	-

Продолжение таблицы 98

1	2	3	4	5	6	7	8
5 м 5 рядов							
С краевыми растениями	11,25	9271,7	824,1	1654,2	17,8	330,8	147,0
Без краевых растений		7617,5	677,1	-	-	-	-

Уборочный индекс в среднем по годам на делянках с межъярусными дорожками составил 0,47, без вклада краевого эффекта – 0,46 (Таблица 99). Во всех вариантах уборочный индекс был выше на делянках, убранных с межъярусными дорожками. Максимальные отличия между вариантами составляли от 0,01 до 0,04. На однорядных пятиметровых делянках уборочный индекс в обоих случаях составил 0,47. В 2004 году все отмеченные ранее тенденции повторились на сорте Вилана, уборочный индекс на делянках с межъярусными дорожками оставил 0,47, без них 0,45 (Приложение Ж.11). Уборочный индекс более мощных краевых растений составлял в среднем 0,53.

Таблица 99 – Уборочный индекс сорта Вилана с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния (среднее за 2004–2005 гг.)

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Уборочный индекс с делянки	Уборочный индекс краевых растений
1	2	3	4
3 м 1 ряд			
С краевыми растениями	1,35	0,47	0,51
Без краевых растений		0,45	-
3 м 2 ряда			
С краевыми растениями	2,7	0,49	0,56
Без краевых растений		0,46	-
3 м 3 ряда			
С краевыми растениями	4,05	0,49	0,54
Без краевых растений		0,45	-
3 м 5 рядов			
С краевыми растениями	6,75	0,48	0,52
Без краевых растений		0,46	-
5 м 1 ряд			
С краевыми растениями	2,25	0,47	0,52
Без краевых растений		0,47	-
5 м 2 ряда			
С краевыми растениями	4,5	0,47	0,52
Без краевых растений		0,46	-

Продолжение таблицы 99

1	2	3	4
5 м 3 ряда			
С краевыми растениями	6,75	0,46	0,47
Без краевых растений		0,45	-
5 м 5 рядов			
С краевыми растениями	11,25	0,46	0,50
Без краевых растений		0,45	-

В 2005 году на двух-, трех- и пятирядных пятиметровых делянках уборочный индекс без междюрусных дорожек был несколько ниже, чем с ними (0,46 и 0,47 соответственно) (Приложение Ж.12). На однорядных пятиметровых делянках показатели не отличались (0,48), а на всех трехметровых, наоборот, уборочный индекс был выше на делянках с междюрусными дорожками. В среднем, с междюрусными дорожками уборочный индекс составил 0,48, без них 0,47, а на краевых растениях, выросших с большей площадью питания, – 0,42. То есть в засушливых условиях сорт Вилана еще больше отреагировал на засуху уменьшением доли семян в общей биомассе растений.

Таким образом, детальный анализ сортов сои, различающихся по продолжительности вегетационного периода, в годы, отличающиеся по условиям влагообеспеченности, показал, что крайние растения незначительно влияют на уборочный индекс делянки, что позволяет его использовать как стабильный критерий оценки генотипа.

Считаем, что требовалось уточнить еще один тезис. Данные опыты проводили на стабильных сортах с различающимся вегетационным периодом. В этих опытах была нивелирована межгенотипическая конкуренция и реакция генотипов на увеличенную площадь питания за счет междюрусной дорожки была единообразной. Для уточнения реакции разных генотипов на уборку с краевыми растениями и без них, в 2020 году был частично продублирован контрольный питомник на пятиметровых делянках.

Высевали по 20 генотипов трех групп спелости – очень ранние, раннеспелые и среднераннеспелые 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 всего на 30 г или на 4,8 % меньше (Приложение Ж.13). 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 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 контрольном питомнике в 2020 г., показали 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 0,507 и 0,646, а связь массы семян в контрольном питомнике с биомассой на однорядных делянках – 0,352 и 0,429 (Таблицы 100, 101).

Таблица 100 – Коэффициенты корреляции уборочного индекса делянок, убранных с краевыми растениями и некоторыми показателями урожайности

Показатель	Уборочный индекс, 2020 г.		
	очень ранняя группа	раннеспелая группа	среднеранняя группа
Масса семян в КП, 2020 г.	-0,212	-0,067	0,127
Масса семян в СП, 2020 г., с краевыми растениями	0,646**	0,585**	0,358
Масса семян в СП, 2019 г.	-0,574**	-0,220	-0,177
Уборочный индекс, 2019 г.	0,373	0,792**	0,236

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

Во втором блоке с раннеспелыми генотипами отличия по массе семян с делянки составили 83 г или 12,9 %, по биомассе 200 г (1507 против 1307 г) (Приложение Ж.14). У генотипов этой группы уборочный индекс был в среднем одинаковым и составил 0,43. Значительные отличия с очень ранней группой

заклучались в том, что 19 из 20-ти генотипов при уборке с краевыми растениями демонстрировали прибавку по массе семян от 8 до 240 г, что составляло от 1,5 до 32,5 %. Средний показатель составлял 88,7 г. Только один генотип при уборке без краевых растений показал массу семян на 28 г больше, чем при уборке с ними.

Таблица 101 – Коэффициенты корреляции уборочного индекса делянок, убранных без краевых растений и некоторыми показателями урожайности

Показатель	Уборочный индекс, 2020 г.		
	очень ранняя группа	раннеспелая группа	среднеранняя группа
Масса семян в КП, 2020 г.	-0,038	-0,062	0,288
Масса семян в СП, 2020 г., без краевых растений	0,507*	0,563**	0,202
Масса семян в СП, 2019 г.	-0,597**	-0,157	-0,212
Уборочный индекс, 2019 г.	0,285	0,728**	0,627**

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

Связь массы семян с уборочным индексом на однорядных делянках была также сильнее на делянках, убранных с краевыми растениями, $r = 0,585$ против $r = 0,563$. В данной группе отмечена сильная корреляционная связь уборочного индекса у отобранных в 2019 году и испытанных в 2020 г. генотипов. На делянках, убранных с краевыми растениями, $r = 0,792$, без них $r = 0,728$. В очень ранней группе эта связь была очень слабой, $r = 0,373$ и $0,285$ соответственно.

В блоке со среднераннеспелыми линиями масса семян у генотипов, убранных с краевыми растениями и без них, отличалась на 31 г (611 и 580 г соответственно), по биомассе разница составила 72 г или 4,6 % (Приложение Ж.15). Уборочный индекс был практически одинаковым – 0,396 и 0,394. На фоне небольшой разницы по средней массе ровно половина линий, убранных с краевыми растениями, превышали по массе семян линии, убранные без них. Превышение было высоким у многих линий – у четырех линий более 200 г, с максимумом 246 г. У двух линий 142 и 154 г, еще у четырех от 28 до 80 г. У одной линии масса семян в обоих вариантах была одинаковой. У остальных девяти генотипов преимущество по массе семян с делянки было в вариантах, убранных без краевых

растений. Разница составляла от 2 до 190 г, более 100 г отмечено у четырех линий.

Уборочный индекс изменялся в пределах одного генотипа в одном случае на 0,04, в трех на 0,03, в одном на 0,02 и в двух на 0,01 с преимуществом у линий, убранных с крайними рядами. Напротив, с уменьшением уборочного индекса у таких генотипов в двух случаях на 0,03, по три линии на 0,02 и на 0,01. У четырех сортов отличий по этому показателю в зависимости от вида уборки не было.

Корреляционный анализ показал, что связь между значениями уборочного индекса в 2019 и в 2020 гг. на делянках, убранных без краевых растений, была довольно высокая ($r = 0,627$), при этом на делянках, убранных с ними, недостоверная ($r = 0,236$). Масса семян с делянки в контрольном питомнике с массой семян с однорядных делянок имела положительную связь на делянках, убранных с краевыми растениями ($r = 0,277$), а без них – отрицательную $r = -0,240$ (Таблица 102).

Таблица 102 – Коэффициенты корреляции массы семян в контрольном питомнике и некоторыми показателями урожайности

Показатель	Масса семян в КП, 2020 г.		
	очень ранняя группа	раннеспелая группа	среднеранняя группа
Масса семян в СП, 2020 г., с краевыми растениями	0,226	-0,250	0,277
Масса семян в СП, 2020 г., без краевых растений	0,286	0,076	-0,240
Масса семян в СП, 2019 г.	-0,047	0,266	0,031
Уборочный индекс, 2019 г.	-0,526*	0,196	0,313

Коэффициенты корреляции переходят уровни существенности: * – 5 %

Таким образом, следует отметить, что четких закономерностей между изучаемыми признаками в опыте не отмечено. Невозможно сказать, что уборка рядов по типу селекционного питомника с краевыми растениями или без них способствует более правильному (обоснованному) отбору лучших генотипов. Ошибка опыта настолько велика, что уборка с краевыми растениями или без них не нивелирует эту ошибку.

Можно предположить, что уборка рядка целиком дает дополнительную характеристику – если крайние растения вносят бóльший вклад в общую массу семян с делянки, при этом не уменьшая уборочный индекс в засушливые годы, это свидетельствует о повышенной засухоустойчивости генотипов, при достаточной влагообеспеченности и возможности генотипа рационально использовать дополнительную площадь питания и формировать дополнительный урожай даже при изреженном посеве. Таким образом считаем целесообразным убирать однорядные делянки в селекционном питомнике полностью.

9.8 Эффективность методики отбора высокопродуктивных генотипов сои в селекционном питомнике

Эффективность отбора в гибридном питомнике зависит от правильного представления селекционером морфотипа растения для определенной почвенно-климатической зоны. Важно учитывать физиологические закономерности, влияние погодных условий на рост и развитие растений, размещение растений в ценозе (площадь питания относительно других растений) и еще комплекс одновременно оцениваемых селекционером признаков с целью создания нового сорта [77; 103; 140; 244]. Первым питомником после гибридного, где есть возможность оценивать линии не только визуально, но и по некоторым измеряемым показателям, таким как масса семян, биомасса и расчетная величина – уборочный индекс, является селекционный питомник [244].

Целью данной работы была оценка работоспособности разработанной методики отбора генотипов в селекционном питомнике и ее корректировка на основе анализа выделившихся в конкурсном сортоиспытании в 2023 году высокопродуктивных генотипов сои, и признаков, по которым они были отобраны в селекционных питомниках в 2017, 2019, 2020 гг. [244].

Первоначально определяли связь между урожайностью и продолжительностью вегетационного периода генотипов конкурсного сортоиспытания 2017, 2019 и 2020 гг. в пределах групп спелости. При

положительной связи этих двух показателей отбор линий из селекционного в контрольный питомник проводился преимущественно по массе семян с делянки, а при отрицательной – по уборочному индексу. Также учитывали визуальную оценку отобранного ряда при прочих равных параметрах [244].

В 2018, 2020, 2021 гг. линии, отобранные из селекционного питомника, высевали в контрольном питомнике на четырехрядных пятиметровых делянках с защитными рядами без повторностей; в 2019–2022 гг. – в предварительном сортоиспытании на четырехрядных пятиметровых делянках с защитными рядами в трехкратной повторности; в 2021–2023 гг. – в конкурсном сортоиспытании. Таким образом, в 2017, 2019, 2020 гг. отбор велся в F_5 ; в 2023 г. в поколениях F_8 , F_9 , F_{11} [244].

Конкурсное сортоиспытание в 2023 году было заложено по общепринятой методике в четырехкратной повторности с защитными рядами. Учетная площадь делянки 14 м^2 . Были проведены все необходимые фенологические наблюдения и учеты [244].

Используя описанную методику, в конкурсном сортоиспытании 2023 г. было выделено девять линий различных групп спелости (Таблица 103).

Таблица 103 – Характеристика перспективных линий сои разных групп спелости, выделившихся в конкурсном сортоиспытании (2023 г.)

Сортообразец	Вегетационный период, сутки	Урожайность, т/га	Отклонение от стандарта, т/га
1	2	3	4
Очень ранняя группа созревания			
Баргузин (стандарт)	94	1,24	–
Д-3/23 (Д-12/14 × Л-247)	91	1,52	+0,30
Д-12/23 (Д-12/14 × Л-247)	91	1,61	+0,37
Д-16/23 (Л-13-842 × Л-16/15)	90	1,78	+0,54
НСР ₀₅	–	0,17	–
От очень ранней до ранней группа созревания			
Пума (стандарт)	101	1,59	–
Д-71/23 (Л-13-842 × Л-137/15)	96	2,27	+0,68
Д-76/23 (Славия × Л-74/15)	102	2,35	+0,76
НСР ₀₅	–	0,17	–

Продолжение таблицы 103

1	2	3	4
Ранняя группа созревания			
Славия (стандарт)	114	2,02	–
Д-128/23 (Олимпия × Л-381/12)	108	2,47	+0,45
НСР ₀₅	–	0,20	–
Среднеранняя и среднеспелая группы созревания			
Вилана (стандарт)	124	1,95	–
Д-249/23 (Вилана × F ₁ Д-2350/14)	117	2,40	+0,45
Д-243/23 (Л-273/13 × F ₁ Д-2347/14)	118	2,54	+0,59
Д-248/23 (Вилана × F ₁ Д-2356/14)	117	2,59	+0,64
НСР ₀₅	–	0,20	–

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 году на 0,54 т/га [244].

Связь урожайности с продолжительностью вегетационного периода у сортов от очень ранней до ранней групп спелости в конкурсном сортоиспытании в 2020 г. показана на Рисунке 35.

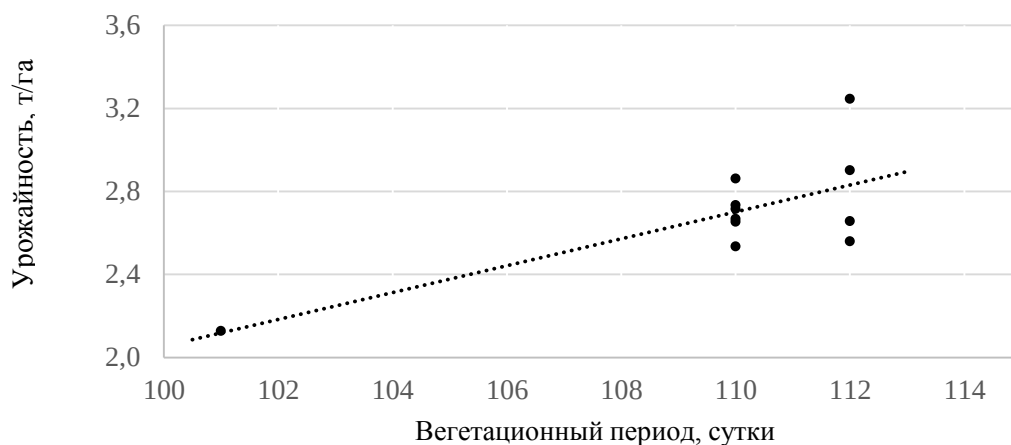


Рисунок 35 – Урожайность семян сои в зависимости от продолжительности вегетационного периода в конкурсном испытании: от очень ранней до ранней группам спелости (2020 г.)

Отмечено, что у самых ранних сортов связь была положительной, следовательно, отбор надо было проводить по максимальной массе семян с деланки. 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, срезанных в селекционном питомнике, было отобрано девять (не вошли номера 2520/6, 2581/6, 2518/3) (Таблица 104). 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 (2522/2) была выделена в 2020 году 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 [244].

Таблица 104 – Характеристика очень ранних линий в селекционном питомнике (2020 г.)

№ делянки	Происхождение	Масса, г		Уборочный индекс	Визуальная оценка, балл
		семян	снопа		
2582/1	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-137/15 (Дельта × Вилана)	462	1080	0,43	4
2543/3	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Славия	398	840	0,47	4
2580/3	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-137/15 (Дельта × Вилана)	624	1320	0,47	5+
2419/10	Олимпия ф/св × Л-128/15 (Славия × Д-126)	686	1500	0,46	4
2518/8	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-16/15 (Славия × Д-132/07)	448	980	0,46	4
2582/3	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-137/15 (Дельта × Вилана)	478	1060	0,45	4
2582/8	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-137/15 (Дельта × Вилана)	420	960	0,44	5
2583/5	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-137/15 (Дельта × Вилана)	546	1260	0,43	5
2519/10	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-16/15 (Славия × Д-132/07)	568	1320	0,43	5
2520/6	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-16/15 (Славия × Д-132/07)	404	940	0,43	4+
2522/2	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-16/15 (Славия × Д-132/07)	360	840	0,43	5
2581/6	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-137/15 (Дельта × Вилана)	406	980	0,41	4
2518/3	Л-13-842 (Славия×Вилана) × Л-16/15 (Славия × Д-132/07)	464	1200	0,39	4

Анализ данных линии Д-12/23 (Л-12/14×Л-247) подтверждает теорию о том, что очень важно определять связь урожайности семян с продолжительностью вегетационного периода в пределах аналогичной группы спелости. Так, корреляция урожайности семян с продолжительностью вегетационного периода во всем раннеспелом блоке конкурсного испытания в 2017 г. была отрицательной, но убрыв более поздние генотипы она оказалась положительной (Рисунок 36). Учитывая особенности года и сроки отбора в селекционном питомнике, в работу была взята вторая зависимость, что предполагало отбирать в первую очередь линии с максимальной массой семян.

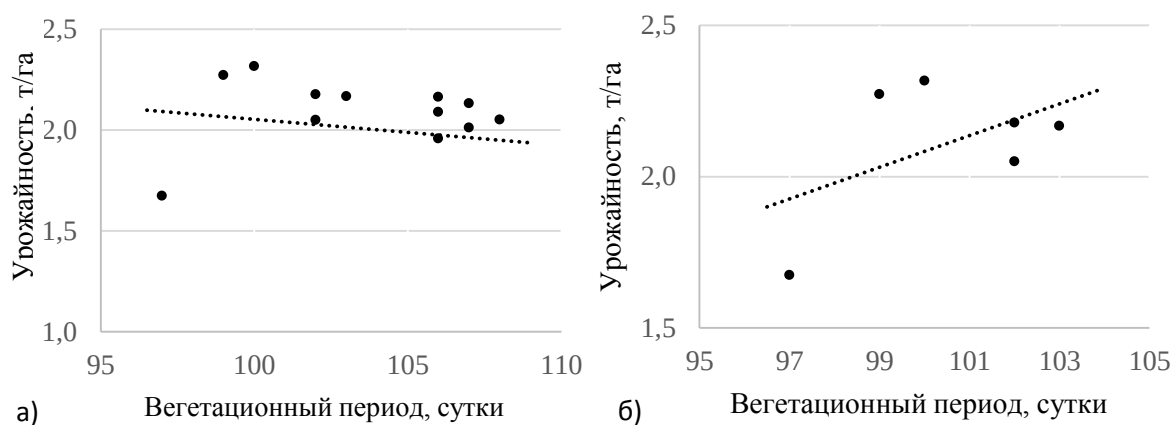


Рисунок 36 – Урожайность семян у сортов сои ранней группы спелости в зависимости от продолжительности вегетационного периода в конкурсном испытании, т/га (2017 г.)

- а) генотипы с вегетационным периодом 97–108 суток;
- б) генотипы с вегетационным периодом 97–103 суток

Из 57 отобранных в селекционном питомнике 2017 года раннеспелых линий в контрольный питомник были включены 33. Масса семян у отобранных линий изменялась от 504 до 870 г, уборочный индекс от 0,40 до 0,52. У выбракованных соответственно 362–734 г и 0,27–0,45. До конкурсного испытания 2023 года дошло 4 из них. Выделившаяся в 2023 году линия Д-12/23 занимала в 2017 году второе место по массе семян (867 г) и третье по уборочному индексу (0,46). Следовательно, отбор по массе семян был эффективен.

В группе созревания от очень ранней до ранней была изучена линия Д-76/23 (Славия × Л-74/15). В селекционном питомнике 2020 г. было отобрано 96 линий тринадцати комбинаций скрещиваний этой группы спелости. Масса семян линий изменялась от 424 до 962 г, уборочный индекс находился в диапазоне 0,36–0,48. Стандартом служил сорт Пума, со средней массой семян с делянки 561 г и уборочным индексом 0,40. Связь между продолжительностью вегетационного периода и урожайностью в питомнике конкурсного сортоиспытания была положительной (Рисунок 37), следовательно, отбор велся в первую очередь по массе семян с делянки.

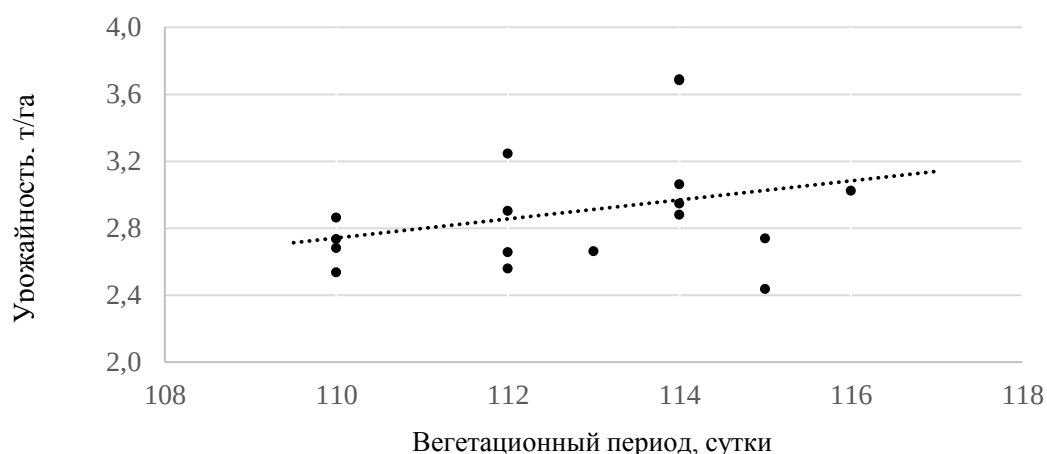


Рисунок 37 – Урожайность семян у сортов сои ранней группы спелости в зависимости от продолжительности вегетационного периода в конкурсном испытании (2020 г.)

В контрольный питомник было отобрано 50 линий с массой семян 516–962 г, уборочным индексом 0,38–0,48. Из комбинации Славия×Л-74/15, к которой относится линия Д-76/23, было отобрано восемь линий с массой семян 710–836 г, уборочным индексом 0,42–0,46. Линия Д-76/23 была отобрана по массе семян (746 г), уборочный индекс при этом был наименьшим среди отобранных линий этой комбинации – 0,42.

В последующем из этих линий было отобрано в питомник предварительного сортоиспытания две (урожайность второй изначально была на 12 г ниже, а

уборочный индекс на 0,03 выше), и в конкурсном испытании 2023 года они продемонстрировали одинаковый урожай семян, с разницей в созревании 6 суток.

В ранней группе спелости с вегетационным периодом 108 суток выделилась линия Д-128/23 (Олимпия×Л-381/12), отобранная в 2019 году вместе с 11 сестринскими линиями в селекционном питомнике (из 26 в аналогичной группе спелости) (Таблица 105). Связь между урожайностью и продолжительностью вегетационного периода в конкурсном испытании в этом году была положительной (Рисунок 38), следовательно, преимущество при отборе отдавали линиям с высокой массой семян с делянки.

Таблица 105 – Характеристика ранних линий в селекционном питомнике (2019 г.)

№ делянки	Происхождение	Масса, г		Уборочный индекс	Визуальная оценка, балл
		семян	снопа		
2204/7	Олимпия ф/св. × Л-381/12	656	1380	0,48	5
2200/7	Олимпия ф/св. × Л-381/12	652	1460	0,45	4
2193/2	Олимпия ф/св. × Л-381/12	638	1360	0,47	5
2193/4	Олимпия ф/св. × Л-381/12	620	1260	0,49	4
2188/2	Олимпия ф/св. × Л-381/12	602	1340	0,45	5-
2199/1	Олимпия ф/св. × Л-381/12	600	1300	0,46	4
2202/9	Олимпия ф/св. × Л-381/12	596	1300	0,46	4
2191/9	Олимпия ф/св. × Л-381/12	594	1240	0,48	4
2199/6	Олимпия ф/св. × Л-381/12	588	1260	0,47	4
2201/2	Олимпия ф/св. × Л-381/12	572	1220	0,47	4+
2200/2	Олимпия ф/св. × Л-381/12	538	1100	0,49	5
2204/2	Олимпия ф/св. × Л-381/12	534	1240	0,43	4
2206/6	Олимпия ф/св. × Л-381/12	514	1060	0,48	4
2201/10	Олимпия ф/св. × Л-381/12	510	1240	0,41	4
2202/6	Олимпия ф/св. × Л-381/12	506	1160	0,44	4+
2190/1	Олимпия ф/св. × Л-381/12	504	1020	0,49	4+
2197/3	Олимпия ф/св. × Л-381/12	504	1060	0,48	4
2206/2	Олимпия ф/св. × Л-381/12	486	980	0,50	4
2208/7	Олимпия ф/св. × Л-381/12	484	1030	0,47	4+
2194/6	Олимпия ф/св. × Л-381/12	480	1020	0,47	4
2210/3	Олимпия ф/св. × Л-381/12	476	1120	0,43	4
2187/1	Олимпия ф/св. × Л-381/12	454	1020	0,45	4
2192/10	Олимпия ф/св. × Л-381/12	448	1000	0,45	5-
2206/8	Олимпия ф/св. × Л-381/12	534	1110	0,48	4+
2197/7	Олимпия ф/св. × Л-381/12	420	880	0,48	4
2189/1	Олимпия ф/св. × Л-381/12	402	900	0,45	4

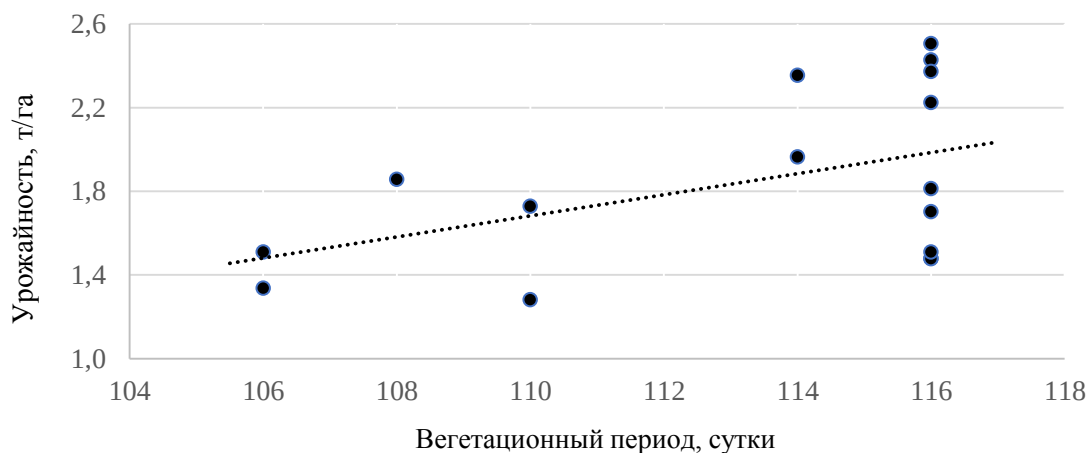


Рисунок 38 – Урожайность семян у сортов сои ранней группы спелости в зависимости от продолжительности вегетационного периода в конкурсном испытании (2019 г.)

Масса семян у 26 линий изменялась от 402 г до 656 г, средняя составляла 535 г, уборочный индекс варьировал в диапазоне 0,41–0,50 со средним значением 0,46. Было отобрано семь линий по максимальной массе семян с делянки (600–700 г), их уборочный индекс составил 0,43–0,49. У линии Д-128/23, входившей в эту группу, масса семян была 600 г, уборочный индекс 0,46. Пять линий было отобрано по уборочному индексу, который составил 0,46–0,48 при массе семян в диапазоне 514–596 г. Средние показатели у сорта-стандарта Славия составили 467 г и 0,43 соответственно.

В питомник предварительного испытания из вышеперечисленных линий было отобрано две, которые в последствии перешли в конкурсное испытание первого и второго года. Обе линии были отобраны по массе семян с делянки.

Таким образом, линия Д-128/23 была отобрана в селекционном питомнике по массе семян. Линии этой комбинации, отобранные по уборочному индексу, не показали своего преимущества в контрольном питомнике.

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 году из 14 линий этой комбинации было отобрано в контрольный питомник девять (Таблица 106). Всего в этой группе спелости отбор велся из 153 линий 23 комбинаций. Было отобрано в контрольный питомник 73 генотипа с массой семян

438–736 г, уборочным индексом 0,36–0,49. В конкурсном сортоиспытании среднеранней и средней групп спелости между урожайностью и продолжительностью вегетационного периода была отмечена положительная связь (Рисунок 39). Следовательно, отбор надо было вести по массе семян. У стандартного сорта Вилана в селекционном питомнике средняя масса семян составила 334 г, уборочный индекс 0,28. Все отобранные линии превосходили стандарт по этим показателям.

Таблица 106 – Характеристика среднеранних линий в селекционном питомнике (2019 г.)

№ делянки	Происхождение	Масса, г		Уборочный индекс	Визуальная оценка, балл
		семян	снопа		
2291/4	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	736	1740	0,42	4+
2298/3	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	674	1720	0,39	5-
2292/4	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	664	1700	0,39	4+
2297/1	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	654	1500	0,436	5
2296/6	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	652	1520	0,429	4
2290/3	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	650	1540	0,422	4
2293/9	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	604	1480	0,408	4+
2291/9	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	598	1420	0,421	4
2295/5	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	560	1360	0,412	4+
2291/1	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	560	1440	0,39	4
2291/8	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	548	1280	0,43	4
2294/5	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	540	1460	0,37	4
2288/5	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	534	1260	0,424	4+
2294/9	Вилана ф/св. × F ₁ Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	516	1280	0,40	4+

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.

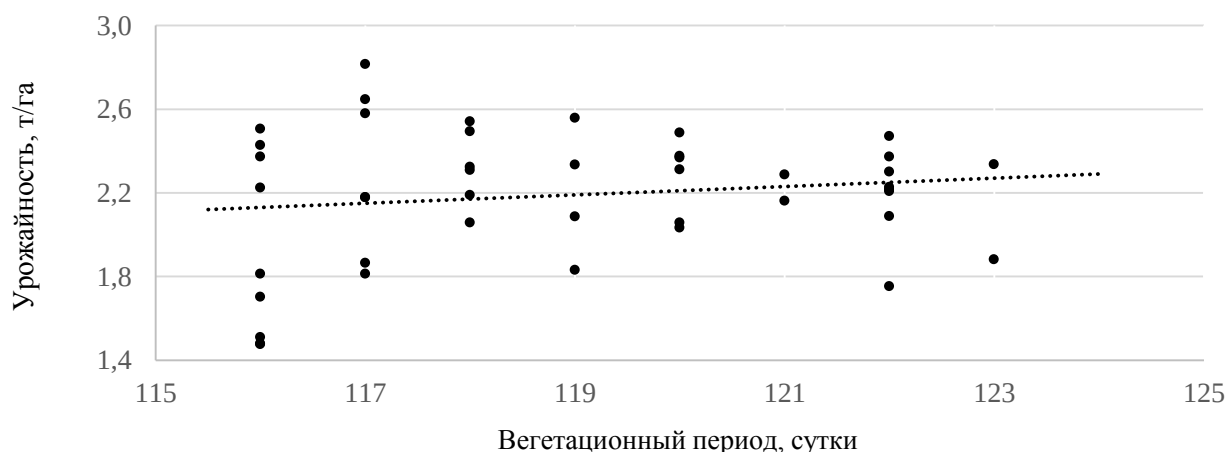


Рисунок 39 – Урожайность семян у сортов сои среднеранней группы спелости в зависимости от продолжительности вегетационного периода в конкурсном испытании (2019 г.)

В питомник предварительного сортоиспытания была отобрана всего одна линия этой комбинации, продолжая показывать высокие результаты в течение двух лет в конкурсном сортоиспытании [244].

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 [244].

10 ХАРАКТЕРИСТИКА СОЗДАННЫХ СОРТОВ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ МОДЕЛИ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Одним из основных путей увеличения объемов производства сои является селекция на увеличение продуктивности вновь создаваемых сортов. Практически во всех селекционных центрах России в настоящее время имеются источники высокой продуктивности, активно используемые в скрещиваниях, а в ряде учреждений дополнительно разработаны оригинальные методы отбора в гибридных популяциях генотипов с потенциально высокой продуктивностью [77; 147].

В ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК с целью повышения эффективности и результативности селекции сои используется целая серия оригинальных научных инновационных разработок. Среди них: методика практического использования явления естественного перекрестного опыления у сои для получения гибридов; морфофизиологическая модель высокопродуктивного (с потенциалом свыше 4,5 т/га) сорта сои; эффективная методика отбора ценотически продуктивных генотипов сои на ранних этапах селекции; методика отбора продуктивных и высокоадаптивных растений с использованием уборочного индекса. Реализация оригинальных научных разработок во ВНИИМК позволила создать серию высокоурожайных сортов сои разных групп спелости с повышенной стабильностью продуктивности, пользующихся высоким спросом у покупателей и занимающих более половины посевных площадей в Краснодарском крае [77].

Близким по группе спелости к сорту Славия, одному из самых распространенных сортов на юге России и включенному в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2009 году, являются ранние сорта сои селекции ВНИИМК – Чара и Олимпия. Эти сорта создавались на основе использования оценки по уборочному индексу в селекционном питомнике и разработанной модели сорта с учетом морфологических и физиологических особенностей, необходимых для получения

стабильных и высоких урожаев. Они формируют 80–85 % семян в нижней и средней частях растения, отличаются высоким уборочным индексом и низким индексом микрораспределения, небольшим количеством ветвей и высокой потенциальной продуктивностью. В оптимальных условиях увлажнения без орошения эти сорта способны формировать до 3,9 т/га. В средние по увлажнению годы могут превышать по урожайности сорт Славия. Пригодны для возделывания в центральной и южной зонах Краснодарского края, а также по всей предгорной зоне Северного Кавказа [77].

10.1 Раннеспелый сорт сои Чара

Сорт Чара был выделен в конкурсном сортоиспытании в 2009 г. На основании проведенной оценки 48 сортов сои с разной продолжительностью вегетационного периода, в том числе 12 очень ранних сортов (стандарт – сорт Лира), 24 раннеспелых сортов (стандарт – сорт Альба) и 12 среднеспелых сортов (стандарт – сорт Вилана), в раннеспелой группе было выделено 8 сортов, превысивших стандарт – сорт Альба по урожайности семян на 0,10–0,25 т/га (Таблица 107). Наибольшую урожайность семян показал сорт под номером 72 (Karikachi × Ника), достоверно превысивший сорт Альба на 0,25 т/га.

Таблица 107 – Характеристика лучших раннеспелых сортов сои конкурсного испытания (2009 г.)

№ делян- ки	Происхождение	Вегета- ционный период, сутки	Урожай- ность семян, т/га	Масса 1000 семян, г	Содержание в семенах, %	
					белка	масла
—	Альба (стандарт)	118	2,80	148	38,3	24,2
11	Лира × Примор	117	2,92	138	38,5	23,9
14	Лира × Валента	118	2,90	134	38,9	23,3
66	Л-2577 × Ника	118	3,00	146	38,7	22,6
67	Л-2577 × Ника	116	3,00	150	39,4	22,6
68	Л-2577 × Ника	116	2,94	148	38,7	23,2
69	Л-478 × Вилана	116	2,90	128	38,6	23,6
72	Karikachi × Ника	118	3,05	140	38,2	23,0
73	Karikachi × Ника	118	2,94	136	38,9	22,7
	НСР ₀₅	—	0,06	—	—	—

В 2005 г. из гибридной популяции Karikachi×Ника в поколении F₄ было выделено перспективное элитное растение, ставшее родоначальным для высокопродуктивной линии Д-72/09. В селекционном питомнике отбор проводился с учетом уборочного индекса. Из 197 линий отобранная линия занимала 42 место по величине уборочного индекса в сочетании с высокой урожайностью семян с делянки. Сорт Чара характеризуется хорошей технологичностью при возделывании и уборке. Он имеет оптимальную высоту растений (100–110 см) и достаточную для уборки комбайнами высоту расположения нижних бобов над уровнем почвы (более 12 см). Сорт имеет компактный куст, полудетерминантный тип роста растений, устойчив к полеганию растений и растрескиванию бобов после созревания.

В среднем за три года конкурсных испытаний новый сорт превысил стандарт – сорт Альба по урожайности семян на 0,24 т/га (Таблица 108).

Таблица 108 – Характеристика сорта сои Чара по основным хозяйственно ценным признакам (среднее за 2007–2009 гг.)

Сорт	Вегетационный период, сутки	Урожайность семян, т/га	Масса 1000 семян, г	Содержание в семенах, %	
				белка	масла
Альба (стандарт)	111	1,85	139	41,3	22,3
Чара	108	2,09	146	40,1	22,9
Отклонение от стандарта	-3	+0,24	+7	-1,2	+0,6
НСР ₀₅	—	0,14	—	—	—

Вегетационный период сорта Чара в среднем за три года испытаний составил 108 суток, что на 3 суток меньше, чем у сорта-стандарта Альба. Вегетационный период такой продолжительности позволяет успешно использовать сою в качестве предшественника озимых колосовых культур за счет раннего освобождения полей. Сорт Чара имеет семена средней крупности, при этом он несколько уступает стандартному сорту Альба по содержанию белка в семенах, но превышает его по масличности. По технологичности при возделывании и уборке, устойчивости к основным болезням новый сорт не

уступает стандарту. По результатам испытания сорт включен в Госреестр по Центрально-Черноземному, Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам.

10.2 Раннеспелый сорт сои Олимпия

После детального изучения особенностей среднераннеспелых сортов сои разных лет селекции и выявления высокого уборочного индекса у самого «старого» сорта – Кубанская 276 [161], созданного методом индивидуального отбора из манчжурской популяции в 1927 году, было решено включить его в скрещивания в качестве отцовской формы в 2005 году. Вместе с ним в гибридизацию были включены сорта Кубанская 4958, ВНИИСК 7, ВНИИМК 9186. Большинство комбинаций с сортами прошлых лет селекции плохо реагировали на засуху и были выбракованы. Одновременно с искусственной гибридизацией был заложен питомник получения спонтанных гибридов по методу, разработанному селекционерами ВНИИМК [233]. Четыре комбинации скрещиваний совпадали в питомнике искусственной и естественной гибридизации (Sp.g.). В том числе комбинация Л-6/04 (Славия) × Кубанская 276. Отбор в популяциях велся по методу Педигри. В 2008 году в популяции Sp.g. F₃ была отобрана одна линия, которая уже в 2009 году испытывалась на делянке по типу контрольного питомника (без повторностей с защитными рядами). Кроме того, в 2009 в гибридном питомнике F₄ было отобрано еще 8 линий этой комбинации. Их сравнительная характеристика представлена в Таблице 109.

В 2010 г. пять из этих линий (2785/1, 2785/2/2, 2785/5, 2785/6, 3076) были высеяны в контрольном питомнике. Две линий из пяти были отобраны по высокой массе семян и три по высокому уборочному индексу. Также в контрольный питомник были включены еще 17 линий, отобранных в питомнике Sp.g. F₄. В результате испытаний в 2013 году в конкурсном сортоиспытании испытывали 10 раннеспелых линий комбинации Л-6/04 х Кубанская 276 (Таблица 110).

Таблица 109 – Характеристика линий сои поколения F₄, полученных в результате искусственной и естественной гибридизации (2009 г.)

№ делянки	Происхождение	Масса, г		Урожай- ность, т/га	Убороч- ный индекс	Примечания
		снопа	семян			
2785/1	Л - 6/04 × Кубанская 276	3180	1108	3,32	0,35	высокая, светлая
2785/1	Л - 6/04 × Кубанская 276	4400	1884	5,65	0,43	–
2785/2	Л - 6/04 × Кубанская 276	2360	1018	3,05	0,43	–
2785/2/2	Л - 6/04 × Кубанская 276	2360	1076	3,20	0,46	–
2785/3	Л - 6/04 × Кубанская 276	3000	1180	3,53	0,39	–
2785/4	Л - 6/04 × Кубанская 276	3010	1188	3,55	0,39	очень высокая
2785/5	Л - 6/04 × Кубанская 276	3400	1434	4,30	0,42	–
2785/6	Л - 6/04 × Кубанская 276	2500	1096	3,28	0,44	средняя
3076	Л - 6/04 × Кубанская 276 (Sp.g.)	2120	966	2,87	0,46	не высокая

Таблица 110 - Характеристика сортов сои конкурсного испытания (2013 г.)

№ делян- ки	Комбинация	Вегета- цион- ный период, суток	Урожай- ность семян, т/га	Масса 1000 семян, г	Содержание			Высота расте- ний, см
					белка, %	масла, %	ТИА, мг/г	
4	Л-6/04×Кубанская 276	105	2,56	147,0	38,7	25,2	26,6	85,1
6	Л-6/04×Кубанская 276	105	2,60	148,6	39,5	24,8	26,1	87,8
7	Л-6/04×Кубанская 276	105	2,59	151,1	40,1	24,4	25,4	87,6
8	Л-6/04×Кубанская 276	105	2,58	148,8	39,7	24,4	25,4	89,8
9	Л-6/04×Кубанская 276	105	2,61	148,3	39,7	24,5	25,2	90,2
11	Л-6/04×Кубанская 276	106	2,67	151,4	39,7	24,1	25,3	90,6
12	Л-6/04×Кубанская 276	105	2,60	150,1	40,3	24,1	24,5	86,7
66	Л-6/04×Кубанская 276	108	2,39	152,6	40,1	24,4	25,3	95,8
67	Л-6/04×Кубанская 276	105	2,48	150,9	40,0	24,3	25,2	90,7
128	Л-6/04×Кубанская 276	103	2,49	150,1	39,8	24,3	25,6	93,1
–	Славия (стандарт)	108	2,45	179,8	39,2	23,9	25,4	118,4

Линия Д-11/2013 по результатам конкурсного сортоиспытания в 2013 г. и данных испытаний предыдущих лет, была передана на государственное сортоиспытание под названием Олимпия. Новый сорт сои Олимпия превысил стандартные сорта – Альба и Славия по урожайности семян в среднем на 0,37 т/га (Таблица 111).

Таблица 111 – Урожайность сорта сои Олимпия по годам

Сорт	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее за 3 года
Олимпия	2,14	3,25	2,67	2,69
Альба (стандарт)	1,99	2,51	–	2,25
Славия (стандарт)	1,87	2,98	2,45	2,36
НСР ₀₅	0,26	0,21	0,18	–

Сорт характеризуется комплексом основных хозяйственно ценных признаков, обеспечивающих успешное выращивание его в условиях производства за счет ранней уборки и повышенной технологичности (Таблица 112). Вегетационный период сорта Олимпия в среднем за три года испытаний составил 100 суток, что на 2 и 8 суток меньше, чем у раннеспелых сортов–стандартов Славия и Альба соответственно. Короткий вегетационный период позволит выращивать новый сорт как в основных, так и в повторных посевах. Сорт Олимпия характеризуется средней крупностью семян, аналогичен стандартным сортам по содержанию белка и масла в семенах. По устойчивости к основным болезням новый сорт не уступает стандартным сортам, а по технологичности при возделывании и уборке, прежде всего за счет устойчивости к полеганию превышает их. В 2016 году сорт был включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Северо-Кавказскому региону. Впоследствии он был передан на расширение регионов возделывания и разрешен к возделыванию в Центрально-Черноземном и Нижневолжском регионах.

Таблица 112 – Характеристика сорта сои Олимпия по основным хозяйственно ценным признакам (среднее за 2011–2013 гг.)

Сорт	Вегетационный период, сутки	Масса 1000 семян, г	Содержание в семенах, %		Высота, см	
			белка	масла	растений	прикрепления нижнего боба
Олимпия	100	143	41,3	23,9	90	15
Альба (стандарт)	108	158	41,8	23,4	109	15
Славия (стандарт)	102	169	40,6	23,7	119	16

Уникальной особенностью сорта Олимпия является то, что он получен в результате спонтанной гибридизации и очень раннего отбора линии в поколении F_3 . Это свидетельствует о возможности создавать сорта с использованием раннего отбора фенотипически выровненных потомств, полученных в результате спонтанной гибридизации и отбору по уборочному индексу.

10.3 Очень ранний сорт сои Вита

Для повышения эффективности и результативности селекции сельскохозяйственных культур на продуктивность и другие хозяйственно ценные признаки используются различные методы, одним из которых является рекуррентный отбор по фенотипу, позволяющий селекционеру более эффективно концентрировать желательные гены в селектируемом материале [37; 38; 65]. С целью рекуррентного накопления комплексов генов, вносящих вклад в формирование урожайности, в отделе сои ВНИИМК был осуществлен цикл скрещиваний ряда высокопродуктивных линий сои и их потомств. В частности, две нерасщепляющиеся, очень ранние и высокопродуктивные сестринские линии F_7 , выделенные из гибридной комбинации Л-266×Л-71, с целью сохранения и насыщения геномов комплексами генов продуктивности, были повторно скрещены между собой. В 2012 г. из гибридной популяции F_7 (Л-266×Л-71)× F_7 (Л-266×Л-71) в поколении F_4 было выделено перспективное элитное растение, ставшее родоначальным для очень ранней и высокопродуктивной линии Д-4/16. В селекционном питомнике отбор проводился по разработанной методике с учетом уборочного индекса [237]. Под коммерческим названием Вита линия Д-4/16 в 2017 г. была передана на Государственное сортоиспытание. Урожайность очень раннего сорта сои Вита в конкурсном сортоиспытании была стабильно выше (в 2016 г. – статистически достоверно) по сравнению с очень ранним сортом-стандартом Лира (Таблица 113).

Таблица 113 – Характеристика очень раннего сорта Вита

Сорт	Вегетационный период, сутки	Урожайность, т/га		Среднее за 2 года
		2016 г.	2017 г.	
Вита (Д-4/16)	98	1,72	2,33	2,03
Лира	95	1,57	2,28	1,93
Отклонение от стандарта	+3	+0,15	+0,05	+0,10
НСР ₀₅	—	0,14	0,27	—

Тип развития куста по международному классификатору UPOV – полудетерминантный. Вегетационный период нового сорта на широте Краснодара (45°), в зависимости от метеоусловий года, варьировал от 96 до 100 суток, и в среднем за 2016–2017 гг. составил 98 суток. Высота растений сорта Вита на широте Краснодара от 78 до 85 см, нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (350–400 тыс. раст./га) располагаются на высоте 13–15 см от поверхности почвы. Во влажные годы и на более высоких географических широтах (50–52°) высота растений может увеличиться до 95–110 см.

По внутривидовой классификации сои ВНИИМК, сорт Вита относится к раннему сорто типу – *ss. praecox* (Enk.) Zel. Et Koch. северокавказской эколого-географической группы маньчжурского подвида сои *ssp. manshurica* (Enken) Zel. et Koch. [79]. Растения сорта Вита устойчивы к полеганию и преждевременному вскрытию (растрескиванию) бобов при длительном перестое на корню. Окраска опушения растений светло-серая. Окраска бобов от бежевой до светло-коричневой. Окраска венчика цветка фиолетовая. Семенная оболочка желтая, в оптимальных условиях созревания – без пигментации. В острозасушливые годы и на фоне пониженных температур на оболочке семян из верхних узлов растений может формироваться коричневая пигментация. Рубчик семени желтый.

При выращивании сорта Вита на богаре масса 1000 семян составляет 145–156 г. В годы с достаточным количеством осадков в фазы формирования и налива семян и на орошении масса 1000 семян этого сорта может увеличиться до 160–170 г. Глубина проникновения центрального корня в почву достигает 1,8–2,0 м,

что обеспечивает растениям сорта Вита повышенную засухоустойчивость при пересыхании верхних горизонтов почвы. Сорт устойчив к фузариозу и пепельной гнили. Содержание белка в семенах при выращивании в условиях центральной почвенно-климатической зоны Краснодарского края составляет 38,9–40,4 %. Содержание масла в семенах 23,7 % (Таблица 114).

Таблица 114 – Биохимическая характеристика семян сорта Вита

Сорт	Содержание белка, %			Содержание масла, %		
	2016 г.	2017 г.	среднее за 2 года	2016 г.	2017 г.	среднее за 2 года
Вита	38,9	40,4	39,7	23,7	23,7	23,7
Ли́ра (стандарт)	37,2	39,5	38,4	23,8	23,0	23,4
Отклонение от стандарта, ±	+1,7	+0,9	+1,3	-0,1	+0,7	+0,3

В целом исследования показывают, что очень ранний сорт сои Вита отличается повышенной для своей группы спелости урожайностью и засухоустойчивостью, что в сочетании с повышенной устойчивостью к преждевременному вскрытию бобов определяет его потенциальную привлекательность для сельхозтоваропроизводителей. В связи с этим в 2017 г. сорт Вита был передан на Государственное сортоиспытание, а в 2020 г. включен в Государственный реестр сортов и гибридов, допущенных к использованию по Центрально-Черноземному, Северо-Кавказскому, Нижневолжскому, Западно-Сибирскому и Дальневосточному регионам Российской Федерации. Помимо пяти регионов Российской Федерации для его интродукции и выращивания также пригоден ряд областей с развитыми системами орошения в центральной части Республики Казахстан на 44–52° с.ш. [81].

10.4 Очень ранний сорт сои Пума

Примером создания очень раннего и в то же время урожайного и засухоустойчивого сорта является линия Л-374 селекции ФГБНУ ВНИИМК. Основой линии Л-374/13 послужило элитное растение, выделенное в 2010 г. в

расщепляющейся гибридной популяции F₄ Альба × Припять. Под коммерческим названием «Пума» линия Л-374 в 2016 г. была передана на Государственное сортоиспытание [82].

Урожайность очень раннего сорта сои Пума в предварительном и конкурсном сортоиспытании была стабильно выше (в 2016 г. статистически достоверно) по сравнению с очень ранним сортом-стандартом Лира (Таблица 115).

Таблица 115 – Характеристика очень раннего засухоустойчивого сорта Пума

Сорт	Вегетационный период, сутки	Урожайность, т/га			
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее за 3 года
Пума	91	2,95	2,08	1,78	2,27
Лира (стандарт)	94	2,87	2,01	1,59	2,16
Отклонение от стандарта, ±	+3	+0,08	+0,07	+0,19	+0,11
НСР ₀₅	—	0,25	0,22	0,14	—

Вегетационный период нового сорта на широте Краснодар (45°) в зависимости от метеоусловий года варьировал от 91 до 96 суток и в среднем за период 2014–2016 гг. составил 93 дня. Очень раннее созревание сорта Пума позволяет возделывать его на зерно в основных посевах практически во всех соепроизводящих хозяйствах Южного, Центрально-Черноземного и Приволжского федеральных округов на широтах до 50–52°.

Высота растений сорта Пума на широте Краснодар от 75 до 95 см, нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (350–400 тыс. раст./га) располагаются на высоте 13–15 см от поверхности почвы. Во влажные годы и на более высоких географических широтах (50–52°) высота растений может увеличиться до 100–120 см. Растения сорта Пума устойчивы к полеганию и преждевременному вскрытию (растрескиванию) бобов при длительном перестое на корню.

Опушение растений рыжевато-коричневое. Окраска бобов коричневая. Окраска венчика цветка фиолетовая. Семенная оболочка желтая, в оптимальных условиях созревания без пигментации.

В острозасушливые годы и на фоне пониженных температур на оболочке семян из верхних узлов растений может формироваться коричневая пигментация. Рубчик семени серый, с варьированием от почти бесцветного до темно-серого в зависимости от погодных условий в период налива и созревания семян.

При выращивании сорта Пума на богаре, особенно в условиях интенсивных засух, масса 1000 семян составляет 131–153 г. В годы с достаточным количеством осадков в фазы формирования и налива семян и на орошении масса 1000 семян этого сорта может увеличиться до 160–180 г. Сорт устойчив к недостаточному влагообеспечению, фузариозу и пепельной гнили.

Содержания белка в семенах этого сорта составляет 37,7–41,6 %. Содержание масла в семенах варьирует от 22,1 до 23,3 % (Таблица 116).

Таблица 116 – Биохимическая характеристика семян сорта Пума

Сорт	Содержание белка, %			Содержание масла, %		
	2015 г.	2016 г.	среднее за 2 года	2015 г.	2016 г.	среднее за 2 года
Пума	41,6	37,7	39,7	22,1	23,3	22,7
Лира (стандарт)	41,5	37,2	39,4	21,1	23,8	22,5
Отклонение от стандарта, ±	+0,1	+0,5	+0,3	1,0	-0,5	+0,2

В целом очень ранний сорт сои Пума отличается высокой, для своей группы спелости, урожайностью и засухоустойчивостью, что в сочетании с высокой устойчивостью к преждевременному вскрытию бобов, определяет его потенциальную коммерческую привлекательность для сельхозтоваропроизводителей и переработчиков сои [82].

В 2019 г. сорт Пума включен в Государственный реестр сортов и гибридов, допущенных к использованию по Центрально-Черноземному и Северо-Кавказскому регионам Российской Федерации.

10.5 Ранний холодо- и засухоустойчивый сорт сои Триада

В 2014 г. в гибридной популяции F₄ Белогорская × Вилана было выделено элитное растение, потомство которого в период 2015–2017 гг. проходило

комплексную оценку на дифференцирующих фонах по признакам пониженной реакции на длину дня, засухоустойчивости и заморозкоустойчивости. С 2018 г. этот сортообразец под рабочим названием Д-793/18 проходил комплексную оценку в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания. Урожайность ранней линии сои Д-793/18, в среднем за два года (2019–2020 гг.) в конкурсном сортоиспытании превысила этот показатель у сорта-стандарта Славия на 0,62 т/га (Таблица 117). В 2020 г. сорт Триада был передан на Государственное сортоиспытание [85].

Таблица 117 – Характеристика раннего сорта Триада

Сорт	Вегетационный период, суток	Урожайность, т/га		Среднее за 2 года
		2019 г.	2020 г.	
Триада (Д-793/18)	115	2,52	3,29	2,91
Славия (стандарт)	117	1,65	2,92	2,29
Отклонение от стандарта	-2	+0,87	+0,37	+0,62
НСР ₀₅	—	0,28	0,21	—

Вегетационный период нового сорта на широте Краснодар (45°) в зависимости от метеоусловий года варьировал от 114 до 118 суток и в среднем за 2019–2020 гг. составил 116 суток.

Высота растений сорта Триада на широте Краснодар – от 90 до 125 см. Во влажные годы и на более высоких географических широтах (48–50°) высота растений может увеличиться до 115–135 см. Нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (350–450 тыс. раст./га) располагаются на высоте 14–16 см от поверхности почвы.

Окраска опушения растений серая. Окраска венчика цветка фиолетовая. Окраска бобов от бежевой до светло-коричневой. Семена среднего размера, округло-удлиненные. Семенная оболочка желтая, без пигментации или с очень слабой фрагментарной светло-коричневой пигментацией. Рубчик семени серый, в

зависимости от положения на растении от почти бесцветного (в нижнем ярусе) до интенсивно окрашенного (в верхнем ярусе)

В оптимальных по влагообеспечению богарных условиях и на орошении масса 1000 семян этого сорта составляет 155–175 г. При выращивании сорта Триада в засушливых и острозасушливых условиях масса 1000 семян может снизиться до 110–140 г. В условиях Краснодарского края сорт устойчив к пепельной гнили, аскохитозу и фузариозу.

Содержание белка в семенах сорта Триада при выращивании в условиях центральной природно-климатической зоны Краснодарского края и с наличием на почве специализированных азотфиксирующих бактерий составляет 38,6–40,6 %. Содержание масла в семенах 21,9–22,7 % (Таблица 118).

Таблица 118 – Биохимическая характеристика семян сорта Триада

Сорт	Содержание, %					
	белка			масла		
	2019 г.	2020 г.	среднее за 2 года	2019 г.	2020 г.	среднее за 2 года
Триада	38,6	40,6	39,6	22,7	21,9	22,3
Славия (стандарт)	38,7	40,4	39,6	21,4	22,0	21,7
Отклонение от стандарта, ±	-0,1	+0,2	0	+1,3	-0,1	+0,6

В 2023 г. сорт Триада включен в Государственный реестр сортов и гибридов, допущенных к использованию по Нижневолжскому региону Российской Федерации. Кроме того, сорт Триада пригоден для ряда областей с развитыми системами орошения в центральных и южных частях Республики Казахстан, а также всей территории Республик Узбекистан и Кыргызстан на 40–50° северной широты [85].

10.6 Среднеранний холодо- и засухоустойчивый сорт сои Елисей

В 2014 г. в гибридной популяции F₄ Л-17 × Фора была выделена серия элитных растений, потомства которых в период 2015–2016 гг. проходили оценку на дифференцирующих фонах на холодо- и засухоустойчивость. С 2018 г.

фенотипически выровненное потомство одного из таких растений в качестве среднеранней селекционной линии под номером Д-76/18 проходило комплексную оценку в питомнике конкурсного сортоиспытания, где было установлено, что по основным хозяйственно ценным признакам эта линия заметно превышает высокоадаптивный ранний сорт-стандарт Славия [89].

Средняя урожайность селекционной линии сои Д-76/18 в конкурсном сортоиспытании за 2018–2021 гг. составила 2,46 т/га, что превышало этот показатель у сорта-стандарта Славия на 0,35 т/га (Таблица 119). Вегетационный период сорта Елисей на широте Краснодара (45°) в зависимости от метеоусловий года варьировал от 115 до 123 суток и в среднем за 2018–2021 гг. составил 119 суток. В 2021 г. среднеранняя высокопродуктивная линия Д-76/18 была передана на Государственное сортоиспытание.

Таблица 119 – Характеристика среднераннего холодоустойчивого сорта Елисей

Сорт	Вегетационный период, сутки	Высота растения, см	Урожайность, т/га				
			2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее за 4 года
Елисей (Д-76/18)	119	110,0	2,29	2,04	3,00	2,51	2,46
Славия (стандарт)	117	100,1	2,09	1,48	2,92	1,95	2,11
Отклонение от стандарта, $\pm\Delta$	+2	+9,9	+0,20	+0,56	+0,08	+0,56	+0,35
НСР ₀₅	—	—	0,18	0,27	0,20	0,20	—

Высота растений сорта Елисей от 97 до 128 см в зависимости от влагообеспеченности. Высота прикрепления нижних бобов при густоте стояния растений 350–450 тыс. раст./га составляет 14–16 см.

Окраска опушения растений серая. Окраска венчика цветка белая. Окраска бобов от бежевой до светло-коричневой. Семенная оболочка желтая, в оптимальных условиях созревания без пигментации. Рубчик семени желтый, в зависимости от положения на растении от бесцветного (в нижнем ярусе) до слабо-коричневого цвета (в верхнем ярусе или в условиях пониженных температур в конце налива).

В оптимальных по влагообеспечению богарных условиях и на орошении масса 1000 семян этого сорта составляет 150–190 г. При выращивании сорта Елисей в острозасушливых условиях, при сохранении большого количества бобов на растениях, масса 1000 семян может снизиться до 100–120 г. В условиях Краснодарского края сорт устойчив к пепельной гнили, аскохитозу и фузариозу.

Содержание белка в семенах сорта Елисей при выращивании в условиях центральной почвенно-климатической зоны Краснодарского края в среднем за 2018–2021 гг. составляло 41,0 %, при варьировании этого показателя по годам от 38,9 до 42,0 %. Содержание масла в семенах в среднем составило 22,1 %, при варьировании от 21,4 до 22,4 (Таблица 120).

Таблица 120– Биохимическая характеристика семян сорта Елисей

Сорт	Содержание белка, %					Содержание масла, %				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее за 4 года	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее за 4 года
Елисей (Д-76/18)	42,0	38,9	40,9	42,0	41,0	22,4	22,3	22,2	21,4	22,1
Славия (стандарт)	41,3	38,7	40,4	41,9	40,6	21,8	21,4	22,0	20,7	21,5
Отклонение от стандарта $\pm\Delta$	+0,7	+0,2	+0,5	+0,1	+0,4	+0,6	+0,9	+0,2	+0,7	+0,6

В 2024 г. сорт Елисей включен в Государственный реестр сортов и гибридов, допущенных к использованию по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам Российской Федерации.

10.7 Ранний засухоустойчивый сорт сои Любава

Ранний сорт сои Любава получен в результате индивидуального отбора в F_4 из гибридной комбинации Вилана $\times$ Д-7/10. В 2015 г. из данной популяции было высеяно 83 линии в селекционном питомнике, в раннеспелой группе отобрано 12. В контрольный питомник в 2016 году было включено 5 из них. Исходная линия 1227/3 была отобрана по высокой массе семян с делянки. Связь урожайности семян сортов сои в конкурсном испытании на продолжительность их

вегетационных периодов для раннеспелой группы в 2015 году была положительной.

По результатам конкурсного сортоиспытания 2018–2021 гг. сорт Любава при средней урожайности 2,39 т/га превысил стандартный сорт Славия на 0,33 т/га (Таблица 121).

Таблица 121 – Характеристика раннего засухоустойчивого сорта Любава

Сорт	Вегетацион- ный период, сутки	Урожайность, т/га				
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее за 4 года
Любава (Д-13/18)	115	2,21	2,14	3,08	2,12	2,39
Славия (стандарт)	117	2,09	1,48	2,92	1,75	2,06
Отклонение от стандарта	-2	+0,12	+0,66	+0,16	+0,37	+0,33
НСР ₀₅	–	0,17	0,27	0,21	0,20	–

Вегетационный период нового сорта на широте Краснодара (45°) в зависимости от метеоусловий года варьировал от 108 до 118 суток и в среднем за 2018–2021 гг. составил 115 суток. При повторном летнем посеве (конец июня) в 2021 г. вегетационный период сорта Любава составил 90 суток.

Высота растений сорта Любава на широте Краснодара – от 80 до 115 см в зависимости от условий увлажнения. Нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (350–450 тыс. раст./га) располагаются на высоте 12–16 см от поверхности почвы.

Тип развития куста и тип роста растений сорта Любава – от полудетерминантного до индетерминантного с удлинённым периодом цветения, завершающимся в период начала налива семян в бобах нижних узлов.

Окраска опушения растений серая. Окраска венчика цветка фиолетовая. Окраска бобов от бежевой до светло-коричневой. Семена среднего размера, округло-удлиненные. Семенная оболочка желтая, без пигментации или с очень слабой фрагментарной светло-коричневой пигментацией. Рубчик семени серый, в зависимости от положения на растении – от почти бесцветного (в нижнем ярусе) до интенсивно окрашенного (в верхнем ярусе).

В оптимальных по влагообеспечению богарных условиях и на орошении масса 1000 семян этого сорта составляет 160–190 г. При выращивании сорта Любава в условиях недостаточного влагообеспечения масса 1000 семян может снизиться до 100–140 г.

Глубина проникновения центрального корня в почву достигает 2,2–2,5 м, что обеспечивает растениям сорта Любава повышенную засухоустойчивость при пересыхании верхних горизонтов почвы. В условиях Краснодарского края сорт устойчив к пепельной гнили, аскохитозу и фузариозу.

Содержание белка в семенах сорта Любава при выращивании в условиях центральной почвенно-климатической зоны Краснодарского края, при наличии в почве специализированных азотфиксирующих бактерий, в среднем за 2018–2021 гг. составляло 40,3 %, при варьировании этого показателя по годам от 38,4 до 42,0 %. Среднее содержание масла в семенах варьировало от 20,8 до 23,1 % и в среднем за период 2018–2021 гг. составило 22,1 % (Таблица 122) [84].

Таблица 122 – Биохимическая характеристика семян сорта Любава

орт	Содержание белка, %					Содержание масла, %				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее за 4 года	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее за 4 года
Любава (Д-13/18)	40,3	38,4	40,5	42,0	40,3	23,1	22,0	22,5	20,8	22,1
Славия (стандарт)	41,3	38,7	40,4	41,9	40,6	21,8	21,4	22,0	20,7	21,5
Отклонение от стандарта $\pm$	-1,0	-0,3	+0,1	-0,1	-0,3	+1,3	+0,6	+0,5	+0,1	+0,6

В 2024 г. сорт Любава включен в Государственный реестр сортов и гибридов, допущенных к использованию по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам Российской Федерации.

10.8. Ранний засухоустойчивый сорт сои интенсивного типа Кихара

В 2016 г. в гибридной популяции Славия $\times$ Zong Nong 25 поколения F₄ было выделено элитное растение, потомство которого в период 2017–2018 гг. проходило комплексную оценку на дифференцирующих фонах по признакам повышенной холодоустойчивости, пониженной реакции на длину дня и

повышенной устойчивости к полеганию. С 2019 г. проходило комплексную оценку в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания, в том числе на орошении, где было установлено, что по основным хозяйственно ценным признакам оно заметно превышает высокоадаптивный ранний сорт-стандарт Славия. Средняя урожайность ранней линии сои Д-69/20 в питомнике конкурсного сортоиспытания за 2020–2024 гг. составила 3,09 т/га, что выше этого показателя у сорта-стандарта Славия на 0,50 т/га (Таблица 123). В 2024 г. под коммерческим названием Кихара линия Д-69/20 была передана на Государственное сортоиспытание [83].

Таблица 123 – Характеристика раннего засухоустойчивого сорта сои интенсивного типа Кихара

Сорт	Вегетационный период, сутки	Высота растения, см	Год								Среднее за 5 лет
			2020	2021	2022		2023		2024		
			богара	богара	богара	орошение	богара	орошение	богара	орошение	
Кихара (Д-69/20)	112	100	3,83	2,09	3,37	3,95	2,54	3,72	1,47	3,73	3,09
Славия (стандарт)	117	113	2,92	1,75	3,19	3,22	2,10	3,28	1,18	3,04	2,59
Отклонение от стандарта, ± Δ	-5	-13	+0,91	+0,34	+0,18	+0,73	+0,44	+0,44	+0,29	+0,69	+0,50
НСР ₀₅	—	—	0,21	0,20	0,24	0,40	0,20	0,29	0,18	0,29	—

Вегетационный период нового сорта на широте г. Краснодара (45°), в зависимости от метеоусловий года, варьировал от 107 до 117 суток и в среднем за 2020–2024 гг. составил 112 суток.

Высота растений сорта Кихара на широте г. Краснодара – от 70 до 110 см в зависимости от условий увлажнения. Нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (350–450 тыс. раст/га) располагаются на высоте 13–15 см от поверхности почвы.

Окраска опушения растений серая. Окраска венчика цветка белая. Окраска бобов от бежевой до светло-коричневой. Семена среднего размера, округло-

удлиненные. Семенная оболочка желтая, без пигментации или с очень слабой фрагментарной светло-коричневой. Рубчик семени желтый.

В оптимальных по влагообеспечению богарных условиях и на орошении масса 1000 семян этого сорта составляет 160–180 г. При выращивании сорта Кихара в условиях недостаточного влагообеспечения масса 1000 семян может снизиться до 125–150 г.

Содержание белка в семенах сорта Кихара при выращивании в условиях центральной почвенно-климатической зоны Краснодарского края, при наличии в почве специализированных азотфиксирующих бактерий, в среднем за 2020–2024 гг. составляло 40,4 % при варьировании этого показателя по годам от 37,5 до 42,9 %. По этому показателю сорт Кихара уступил на 0,7 % сорту-стандарту Славия, однако по сбору белка с гектара новый сорт превысил стандарт на 184 кг/га, или на 17 %.

Среднее содержание масла в семенах сорта Кихара варьировало от 21,1 до 23,6 %, и в среднем за период 2020–2024 гг. составило 22,6 %, что превышало аналогичный показатель у сорта-стандарта на 1,0 абс. %. По сбору масла с гектара сорт Кихара также заметно – на 130 кг/га, или на 25 %, – превысил стандарт (Таблица 124).

Таблица 124 – Биохимическая характеристика семян раннего засухоустойчивого сорта сои интенсивного типа Кихара

Сорт	2020 г.	2021 г.	2022 г.		2023 г.		2024 г.		Среднее за 5 лет
			богара	ороше- ние	богара	ороше- ние	богара	ороше- ние	
Содержание белка в семенах, %									
Кихара (Д-69/20)	39,2	42,2	41,4	40,3	41,5	42,9	37,5	38,2	40,4
Славия (стандарт)	40,3	41,9	41,7	41,2	41,5	42,1	40,6	39,4	41,1
Отклонение от стандарта, ± Δ	-1,1	+0,3	-0,3	-0,9	0	+0,8	-3,1	-1,2	-0,7
Содержание масла в семенах, %									
Кихара (Д-69/20)	23,3	21,2	21,2	23,6	23,1	22,2	23,5	22,9	22,6
Славия (стандарт)	22,0	20,7	21,6	22,2	22,5	21,1	21,2	21,8	21,6
Отклонение от стандарта, ± Δ	+1,3	+0,5	-0,4	+1,4	+0,6	+1,0	+2,3	+1,1	+1,0

Полудетерминантный среднерослый тип куста сорта Кихара обеспечивает повышенную устойчивость к наклону и полеганию растений при избыточном увлажнении и при перегрузе бобами.

Такие физиолого-генетические особенности определяют его потенциальную привлекательность для сельхозтоваропроизводителей не только в засушливых регионах юга России, но и при интенсивном возделывании в условиях орошения. В связи с этим в 2024 г. сорт Кихара был передан на Государственное сортоиспытание по Центрально-Черноземному, Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам Российской Федерации [83].

10.9 Новый среднеранний сорт сои Титан

В 2019 в гибридной популяции Л-13-842 × Л-16/15 поколения F₄ было выделено элитное растение, ставшее родоначальным для очень ранней и высокопродуктивной линии 2522/2 (Д-16/23). В селекционном питомнике отбор проводился по разработанной методике с учетом уборочного индекса. Подробный алгоритм отбора данного генотипа описан в разделе 9.8.

С 2022 г. отобранная линия проходила комплексную оценку в питомниках предварительного и конкурсного сортоиспытания, где было установлено, что по основным хозяйственно ценным признакам она заметно превышает высокоадаптивный очень ранний сорт-стандарт Баргузин. Средняя урожайность очень ранней линии сои Л-2522/2 за 2022–2024 гг. в условиях г. Краснодара составила 1,98 т/га, что выше этого показателя у сорта-стандарта Баргузин на 0,19 т/га (Таблица 125). В условиях г. Липецка это превышение составило 0,44 т/га. В 2024 г. под коммерческим названием Титан линия Д-2522/2 была передана на Государственное сортоиспытание.

Вегетационный период нового сорта на широте г. Краснодара (45°), в зависимости от метеоусловий года, варьировал от 90 до 105 суток и в среднем за 2022–2024 гг. составил 97 суток.

Высота растений сорта Титан на широте г. Краснодара – от 56 до 84 см в зависимости от условий увлажнения. Нижние бобы при оптимальной густоте

стояния растений (350–450 тыс. раст./га) располагаются на высоте 10–12 см от поверхности почвы.

Таблица 125 – Характеристика очень раннего засухоустойчивого сорта сои Титан (2022–2024 гг.)

Сорт	Вегетационный период, сутки	Высота растения, см	Урожайность, т/га			
			2022 г.	2023 г.	2024 г.	среднее за 3 года
ЛНИИР – Липецкий филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Липецк (широта 52°)						
Титан (Л-2522/2)	110	91	2,91	3,26	1,60	2,59
Баргузин (стандарт)	115	76	2,43	2,42	1,60	2,15
Отклонение от стандарта	-5	+15	+0,48	+0,84	0	+0,44
НСР ₀₅	–	–	0,16	0,21	0,19	–
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар (широта 45°)						
Титан (Л-2522/2)	97	68	3,04	1,78	1,13	1,98
Баргузин (стандарт)	95	60	2,89	1,24	1,25	1,79
Отклонение от стандарта	+2	+8	+0,15	+0,54	-0,12	+0,19
НСР ₀₅	–	–	0,26	0,18	0,15	–

Окраска опушения растений серая. Окраска венчика цветка фиолетовая. Окраска бобов от бежевой до светло-коричневой. Семена среднего размера, округло-удлиненные. Семенная оболочка желтая, без пигментации или с очень слабой фрагментарной светло-коричневой. Рубчик семени желтый.

В оптимальных по влагообеспечению богарных условиях и на орошении масса 1000 семян этого сорта составляет 160–180 г. При выращивании сорта Титан в условиях недостаточного влагообеспечения масса 1000 семян может снизиться до 125–145 г.

Содержание белка в семенах сорта Титан при выращивании в условиях центральной почвенно-климатической зоны Краснодарского края, при наличии в почве специализированных азотфиксирующих бактерий, в среднем за 2023–2024 гг. составляло 40,1 % при варьировании этого показателя по годам от 39,1 до 41,0 %.

По этому показателю сорт Титан превысил на 1,1 % сорт-стандарт Баргузин. Среднее содержание масла в семенах сорта Титан варьировало от 21,9 до 22,7 %, и в среднем за период 2023–2024 гг. составило 22,3 %, что было ниже аналогичного показателя у сорта-стандарта на 0,8 % (Таблица 126).

Таблица 126 – Биохимическая характеристика семян сорта Титан

Сорт	Содержание белка, %			Содержание масла, %		
	2023 г.	2024 г.	среднее за 2 года	2023 г.	2024 г.	среднее за 2 года
Титан (Л-2522/2)	41,0	39,1	40,1	22,7	21,9	22,3
Баргузин (стандарт)	40,2	37,8	39,0	23,3	22,8	23,1
Отклонение от стандарта ±	+0,8	+1,3	+1,1	-0,6	-0,9	-0,8

Такие физиолого-генетические особенности определяют его потенциальную привлекательность для сельхозтоваропроизводителей не только в засушливых регионах юга России, но и в условиях Центрально-Черноземного региона. В связи с этим в 2025 г. сорт Титан был передан на Государственное сортоиспытание по Центральному, Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному, Северо-Кавказскому, Средневолжскому, Уральскому, Западно-Сибирскому и Восточно-Сибирскому регионам Российской Федерации.

Таким образом, сочетание модели сорта, разработанных методик отбора потенциально продуктивных генотипов, использование естественной и искусственной гибридизации, отбор в разных поколениях фенотипически выровненных потомств или линий, применение рекуррентной селекции позволяют создавать новые сорта, востребованные в производстве в зоне неустойчивого увлажнения Юга европейской части России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что повышение урожайности раннеспелых сортов сои в условиях Юга европейской части России обусловлено возрастанием адаптационного потенциала растений, выражающегося 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 бóльшим 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) равноценны 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 незначительна 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 урожаев 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 крайних рядов, свидетельствует о преимуществе уборки рядов с краевыми растениями.

11. Уборка в селекционном питомнике рядка полностью дает дополнительную характеристику: если крайние растения вносят бóльший 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 посеять 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.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ

Разработанная морфофизиологическая модель сорта и выявленные признаки, детерминирующие урожайность семян сои в разных условиях по водообеспечению, позволяют проводить качественное фенотипирование растений. Будут создаваться картирующие популяции по целевым фенотипическим признакам, разрабатываться маркерные панели генов, проверяться и валидироваться модели для геномной селекции сои, что в дальнейшем приведет к интеграции маркер-ориентированной селекции в селекционный процесс сои.

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 абортивностью 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянова, А.Ф. О природе взаимодействия генотип – среда у растений / А.Ф. Аверьянова, В.А. Драгавцев // Взаимодействие генотип – среда у растений и его роль в селекции. – Краснодар: КНИИСХ, 1988. – С. 5–18.
2. Агроклиматический справочник по Краснодарскому краю. – Краснодар, 1961. – 162 с.
3. Ала, А.Я. Модель сорта сои: метод. рекомендации / А.Я. Ала. – Новосибирск, 1982. – 32 с.
4. Амелин, А.В. Морфоанатомические признаки листьев у стародавних и новых сортов гороха зернового направления / А.В. Амелин // Фотосинтез и продуктивность растений. – Саратов, 1990. – С. 16–22.
5. Амелин, А.В. Морфофизиологические достоинства и недостатки современных сортов. Дальнейшие пути их совершенствования у зернобобовых и крупяных культур / А.В. Амелин // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – № 3 (36). – С. 10–15.
6. Амелин, А.В. Эволюция фотосинтетического аппарата растений гороха в процессе селекции на семенную продуктивность / А.В. Амелин // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт., 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 1. – М., 1999. – С. 19.
7. Анащенко, Л.В. Регуляция признака «длина вегетационного периода» на примере подсолнечника / Л.В. Анащенко // 2 Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, СПб., 1–5 февр. 2000: Тезисы докладов. – Т. 1. – СПб., 2000 г.: – С. 173–174.
8. Антонов, С.И. Модель масличного среднеспелого сорта сои для южной зоны Ростовской области / С.И. Антонов, О.В. Ермолина // Зерновое хозяйство России. – 2009. – № 6. – С. 15–18.
9. Ацци, Дж. Сельскохозяйственная экология / Дж. Ацци. – М.: ИЛ, 1959. – 479 с.

10. Бакирова, Г.Г. Вторичное использование ассимилятов в растениях / Г.Г. Бакирова, Н.Ю. Аввакумова, Л.М. Маклашова [и др.] // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт., 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 2. – М., 1999. – С. 115–116.
11. Балясный, И.В. Исследование продукционных процессов интенсивных и экстенсивных сортов риса / И.В. Балясный, М.А. Скаженник, В.С. Ковалев [и др.] // Рисоводство. – 2023. – № 3 (60). – С. 14–20.
12. Баранов, В.Ф. Сортовая специфика возделывания сои / В.Ф. Баранов, У.А. Торо Корреа. – Краснодар, 2007. – 184 с.
13. Барт, Г. Динамика поглощения элементов питания современными высокопродуктивными сортами сои / Г. Барт, Э. Франциско, Дж.Т. Суяма [и др.] // Питание растений. Вестник Международного института питания растений. – 2018. – № 4. – С. 4-8.
14. Бебякин, В.М. Реакция гибридных популяций яровой мягкой пшеницы на отбор по показателям продуктивности и качества зерна на контрастном по количеству осадков фоне / В.М. Бебякин, И.А. Осыка // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 3. – С. 59–62.
15. Беденко, В.П. О морфофизиологических тестах фотосинтеза в селекции озимой пшеницы на продуктивность / В.П. Беденко // Докл. ТСХА. – 1999. – № 270. – С. 92–97.
16. Беликов, И.Ф. Вопросы биологии и возделывания сои / И.Ф. Беликов // Биология и возделывание сои / Отв. ред. И.Ф. Беликов. – Владивосток, 1971. – С. 5–16.
17. Белоусова, Л.П. Экспериментальное и теоретическое обоснование возможности прогнозирования продуктивности растений на ранних этапах онтогенеза / Л.П. Белоусова // Сб. науч. трудов / Харьковский СХИ. – Харьков, 1982. – Т. 287. – С. 67–76.
18. Беспалова, Л.А. Реализация модели полукарликового сорта академика П.П. Лукьяненко и ее дальнейшее развитие / Л.А. Беспалова // Пшеница и тритикале. – Краснодар: Советская Кубань, 2001. – С. 60–71.

19. Беспалова, Л.А. Эволюция уборочного индекса и прогресс селекции озимой мягкой пшеницы на урожайность / Л.А. Беспалова, И.Н. Кудряшов, Ф.А. Колесников [и др.] // Земледелие. – 2014. – № 3. – С. 9–12.

20. Бирюков, С.В. Донорно-акцепторные отношения у различных генотипов озимой пшеницы и их использование в селекции / С.В. Бирюков // 2-й съезд Всесоюз. общества физиологов растений. – Минск, 24–29 сент., 1992 г. – Тезисы докладов. – Ч. 2. – С. 26.

21. Бондаренко, В.И. Селекция сои на скороспелость в условиях УССР / В.И. Бондаренко, А.А. Матушкин // Науч.-техн. бюл. Всесоюз. ин-та растениеводства. – 1985. – С. 53–56.

22. Борзенкова, Р.А. Факторы лимитирования роста клубней у растений картофеля с разными типами донорно-акцепторных отношений / Р.А. Борзенкова, М.П. Боровкова, М.Ю. Яшков // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт., 1999: Тезисы докладов. – Т. 2. – М., 1999 г.: – С. 116–117.

23. Бороевич, С. Принципы и методы селекции растений / С. Бороевич. – М.: Колос, 1984. – 344 с.

24. Босиева, О.И. Удельная поверхностная плотность листьев разных сортов озимой пшеницы / О.И. Босиева, Г.Ф. Джиева, Е.А. Плиева, Х.Т. Дзедаев // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Всерос. науч.-практ. конф. в честь 90-летия факультета технологического менеджмента. – Владикавказ: Горский ГАУ, 2019. – Т. 1. – С. 101–102.

25. Бриггс, Ф. Научные основы селекции растений / Ф. Бриггс, П. Ноулз. – М.: Колос, 1972. – 399 с.

26. Бутовец Е.С. Использование методов биологической статистики при создании высокопродуктивных сортов сои: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Бутовец Екатерина Сергеевна. – Барнаул, 2012. – 18 с.

27. Вавилов, Н.И. Избранные сочинения / Н.И. Вавилов. – М.: Колос, 1966. – 559 с.

28. Вальков, В.Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа) / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, В.Ю. Тюльпанов. – Краснодар: Советская Кубань, 2002. – 728 с.
29. Вальтер, Г. Общая геоботаника / Г. Вальтер. – М.: Мир, 1982. – 264 с.
30. Васильева, Т.А. Донорно-акцепторные отношения между листьями и формирующимися семенами растений сои / Т.А. Васильева // Вопросы прикладной физиологии и генетики масличных растений. – Краснодар, 1986. – С. 94–100.
31. Васякин, Н.И. Перспективы возделывания и селекции сои в Западной Сибири / Н.И. Васякин // НТБ ВНИИ растениеводства. – Л., 1985. – Вып. 153. – С. 66–68.
32. Ващенко, А.П. Исходный материал сои для селекции в Приморском крае / А.П. Ващенко // НТБ ВИР. – 1985. – Вып. 153. – С. 3–6.
33. Ващенко, А.П. Соя на Дальнем Востоке / А.П. Ващенко, Н.В. Мудрик, П.П. Фисенко [и др.]. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 66 с.
34. Ващенко, Т.Г. Анализ сопряженности элементов продуктивности у сои / Т.Г. Ващенко, Н.Т. Павлюк, А.Г. Буховец // Селекция и семеноводство. – 2004. – № 1. – С. 10–12.
35. Вебер, К. Физиологические основы получения высоких урожаев сои / К. Вебер // Сельское хозяйство за рубежом, растениеводство. – 1969. – № 7. – С. 42–45.
36. Вилленбринк, И. Транспорт ассимиляторов во флоэме: регуляция и механизм / И. Вилленбринк // Физиология растений. – 2002. – Т. 49. – № 1. – С. 13–21.
37. Волгин, В.В. Повышение комбинационной способности популяций и линий сахарной свеклы по массе корнеплодов и сахаристости в процессе 1 цикла рекуррентного отбора: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Волгин Вячеслав Викторович. – Киев, 1989. – 24 с.
38. Волгин, В.В. Рекуррентный отбор в селекции растений (обзор) / В.В. Волгин // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2012. – Вып. 1 (150). – С. 161–171.

39. Вольф, В.Г. К методике изучения пластичности сортов / В.Г. Вольф, П.П. Литун // Селекция и семеноводство (Киев). – 1978. – № 40. – С. 16–25.

40. Воробьев, Н.В. Особенности продукционного процесса у экстенсивных и интенсивных сортов риса / Н.В. Воробьев, М.А. Скаженник, А.Х. Шеуджен, В.С. Ковалев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 7–8.

41. Генкель, П.А. Рецензия на книгу “Physiological aspects of dryland farming”, Oxford and JBN Publishing Co., 1975 / П.А. Генкель, Т.Н. Пустовойтова // Физиология растений. – 1976. – Т. 23. – Вып. 5. – С. 1088–1090.

42. Гирко, В.С. Использование морфологических показателей продуктивности в селекции озимой пшеницы / В.С. Гирко, Н.А. Сабадин // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2001. – № 6. – С. 5–8.

43. Голоенко, Д.В. Генетические основы и методы селекции сои для условий Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. Наук: 06.01.05, 03.00.15 / Голоенко Денис Валерьевич. – Минск, 2007. – 21 с.

44. Гончаренко, А.А. Оценка прямого и коррелятивного ответов на отбор по высоте растений и продуктивности колоса у озимой ржи / А.А. Гончаренко, Т.В. Семенова, С.А. Ермаков // Науч.-тех. бюл. ВНИИ растениеводства. – 1987. – № 171. – С. 7–11.

45. Григорьева, А.В. Селекционная ценность исходного материала сои для зоны неустойчивого увлажнения Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Григорьева Анна Васильевна. – Краснодар, 2013. – 22 с.

46. Гужов, Ю.Л. Селекция и семеноводство культивируемых растений / Ю.Л. Гужов, А. Фукс, П. Валичек. – М.: Изд-во РУДН, 1999. – 536 с. (с. 426).

47. Гуляев, Б.И. Фотосинтез и продуктивность растений: проблемы, достижения, перспективы исследований / Б.И. Гуляев // Физиология и биохимия культурных растений. – 1996. – Т. 28. – № 1-2. – С. 15–35.

48. Гуреева, М.П. Организация селекционного процесса по созданию сортов сои северного экотипа / М.П. Гуреева, Е.В. Гуреева, Т.А. Фомина // Селекция и

агротехнология сортов сои северного экотипа: материалы науч.-практ. конф. – Воронеж, 2006. – С. 66–70.

49. Гурьев, Б.П. Адаптивная селекция и методы оценки нормы реакции селекционного материала / Б.П. Гурьев, А.Л. Зозуля, П.П. Литун // Селекция и семеноводство. – 1987. – № 62. – С. 3–8.

50. Давыденко, О.Г. Перспективы селекции сои в ООО «Соя-Север К°» / О.Г. Давыденко, Д.В. Голоенко, В.Е. Розенцвейг // Селекция и агротехнология сортов сои северного экотипа: сб. материалов науч. конф. – Воронеж, 2006. – С. 74–78.

51. Давыденко, О.Г. Соя для умеренного климата / О.Г. Давыденко, Д.В. Голоенко, В.Е. Розенцвейг. – Минск: Тэхналогія, 2004. – 174 с.

52. Дебелый, Г.А. Фотосинтетические особенности форм гороха с различными типами листа / Г.А. Дебелый, С.Р. Князькова // Доклады ВАСХНИЛ. – 1986. – № 2. – С. 14–17.

53. Джиффорд, Р.М. Использование достижений науки о фотосинтезе в целях повышения продуктивности культурных растений / Р.М. Джиффорд, К.Л.Д. Дженкинс // Фотосинтез. – 1987. – Т. 2. – С. 365–410.

54. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

55. Драгавцев, В.А. Новые подходы к экспрессной оценке генотипической и генетической (аддитивной) дисперсий свойств продуктивности растений / В.А. Драгавцев, Г.А. Макарова, А.А. Кочетов [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 2. – С. 427–436.

56. Дунин, М.С. Абортивность семян сои / М.С. Дунин, Е.Д. Якимович // Труды Института Северного зернового хозяйства. – 1938. – С. 78.

57. Дьяков, А.Б. Анализ причин искажения оценок урожайного потенциала генотипов подсолнечника / А.Б. Дьяков // Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 1987. – Вып. 3 (98). – С. 13–18.

58. Дьяков, А.Б. Биометрические оценки адаптивности сортов сои / А.Б. Дьяков, Т.А. Васильева // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2007. – Вып. 136 (1). – С. 69–72.

59. Дьяков, А.Б. Взаимосвязи признаков продуктивности и адаптивности сортов сои при разных типах погоды юга России / А.Б. Дьяков, Т.А. Васильева // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 1 (140). – С. 68–79.

60. Дьяков, А.Б. Взаимосвязь между параметрами стабильности и адаптивности сортов / А.Б. Дьяков, М.В. Трунова // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 2010. – Вып. 1 (142–143). – С. 80–86.

61. Дьяков, А.Б. Идиотип растения и параметры создаваемых гибридов подсолнечника / А.Б. Дьяков // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 1985. – № 3. – С. 30–33.

62. Дьяков, А.Б. Количественные хозяйственные признаки / А.Б. Дьяков // Биология, селекция и возделывание подсолнечника. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 52–57.

63. Дьяков, А.Б. Комплексная оценка гибридов и сортов подсолнечника по стабильности урожаев и взаимодействию генотип – среда / А.Б. Дьяков, М.Л. Шарыгина, Т.А. Васильева // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. – 1997. – Вып. 1 (118). – С. 6–18.

64. Дьяков, А.Б. Комплексные биометрические оценки агроэкологической адаптивности сортов сои / А.Б. Дьяков, В.Ф. Баранов // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2001. – Вып. 2 (125). – С. 69–72.

65. Дьяков, А.Б. Особенности идентификации желательных генотипов при разных схемах рекуррентной селекции / А.Б. Дьяков // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2004. – Вып. 1 (130). – С. 3–9.

66. Дьяков, А.Б. Оценка потенциалов урожайности и засухоустойчивости сортов сои / А.Б. Дьяков, М.В. Трунова, Т.А. Васильева // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2009. – Вып. 2 (141). – С. 78–86.

67. Дьяков, А.Б. Причины погрешностей испытаний подсолнечника на однорядных делянках и способы повышения точности оценок урожайности /

А.Б. Дьяков, Т.А. Васильева, Ю.Г. Бойко // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2001. – Вып. 1 (124). – С. 12–14.

68. Дьяков, А.Б. Физиологическое обоснование идеатипа сортов сои, адаптированных к климату юга России / А.Б. Дьяков, Т.А. Васильева // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои: сб. ст. 2-й Междунар. конф., Краснодар, 9–10 сент. 2008 г. – Краснодар, 2008. – С. 62–82.

69. Евдокимова, О.А. Распределение ассимилятов как фактор продуктивности и засухоустойчивости сортов яровой пшеницы. Итоги исследования / О.А. Евдокимова, В.А. Кумаков // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. – 2002. – № 1. – С. 146–150.

70. Енкен, В.Б. Соя / В.Б. Енкен. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 42 с.

71. Ермолина, О.В. Изучение коллекции сои для создания исходного материала с высоким содержанием белка и масла в семенах в условиях Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Ермолина Оксана Владимировна. – п. Рассвет, 2011. – 26 с.

72. Ефименко, С.Г. Оценка основных показателей качества семян сои с помощью ИК-спектроскопии / С.Г. Ефименко, Л.А. Кучеренко, С.К. Ефименко [и др.] // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 3 (167). – С. 33–38.

73. Жвдехина, Т.В. Изучение сбалансированности фотосинтеза и репродуктивных процессов / Т.В. Жвдехина // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел, 1999. – С. 114–119.

74. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (конференция) / А.А. Жученко. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 148 с.

75. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений: теория и практика / А.А. Жученко // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – Сер. Биол. раст. – № 3. – С. 4–31.

76. Зайцев, В.Н. Некоторые аспекты селекции фасоли зернового направления на скороспелость и технологичность / В.Н. Зайцев, М.П.

Мирошникова // Биол. и экон. потенциал зернобобовых и крупяных культур: мат-лы междунар. науч. конф., Орел, 1997 г. – Орел, 1999. – С. 199–202.

77. 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.

78. Зеленов, А.Н. О селекции раннеспелых сортов гороха / А.Н. Зеленов, Т.С. Титенко, Н.В. Шелепина // Селекция и семеноводство. – 2000. – № 3. – С. 4–7.

79. Зеленцов, С.В. К вопросу о внутривидовой классификации сои / С.В. Зеленцов, А.В. Кочегура // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои: сб. статей 2-й междунар. конф. по сое, Россия, Краснодар, 9–10 сент. 2008 г. – С. 178–193.

80. Зеленцов, С.В. Методические основы селекционного процесса у сои и его улучшающие модификации во ВНИИМК (обзор) / С.В. Зеленцов // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 2 (182). – С. 128–143.

81. Зеленцов, С.В. Очень ранний сорт сои Вита / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, А.А. Ткачева [и др.] // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 3 (175). – С. 157–160.

82. Зеленцов, С.В. Очень ранний сорт сои Пума / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, А.А. Ткачева [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – Краснодар. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 148–151.

83. 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.

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

85. 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.

86. Зеленцов, С.В. Селекционно-генетическая адаптация сои к развивающейся сезонной аридизации европейского юга России / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко // Посібник українського хлібороба. – Вінниця, Україна, 2013. – Т. 2. – С. 257–258.

87. Зеленцов, С.В. Селекционно-генетическое улучшение сои: основы, современные концепции и методы / С.В. Зеленцов. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., KG, 2011. – 321 с.

88. Зеленцов, С.В. Современные аспекты селекционно-генетического улучшения сои: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Зеленцов Сергей Викторович. – Краснодар, 2005. – 394 с.

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

90. Иващенко, В.Г. Интенсификация растениеводства и эколого-продукционный баланс агроэкосистем: снижение плодородия почв и фитосанитарная дестабилизация / В.Г. Иващенко, В.А. Павлюшин // Вестник защиты растений. – 2017. – № 3 (93). – С. 5–16.

91. Ившин, Г.И. О повышении эффективности отбора вики посевной на адаптивность и урожайность семян в селекционном питомнике / Г.И. Ившин // Сельскохозяйственная биология. – 2003. – Т. 38. – № 1. – С. 41–45.

92. Игнатьев, Б.К. Возделывание сои на Северном Кавказе / Б.К. Игнатьев, Ю.П. Мякушко. – М., 1963. – С. 159–168.

93. Изучение мировой коллекции пшеницы: метод. указания / Под ред. В.Ф. Дорофеева. – Л.: ВИР, 1984. – 56 с.

94. Кадыров, М.А. Некоторые аспекты селекции сортов с широкой агроэкологической адаптацией / М.А. Кадыров, С.И. Гриб, Ф.Н. Батуро // Селекция и семеноводство. – 1984. – № 7. – С. 8–11.

95. Кадыров, М.А. Селекция основных сельскохозяйственных культур в Беларуси: состояние, проблемы, приоритеты / М.А. Кадыров // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Принципы и методы оптимизации селекционного

процесса сельскохозяйственных растений». – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2005. – С. 3–14.

96. Кадыров, С.В. Азотфиксация и фотосинтез посевов сои при разных нормах высева / С.В. Кадыров // Соя и другие бобовые культуры в Центральном Черноземье. – Воронеж, 2001. – С. 149–152.

97. Казакова, А.С. Закономерности функционирования донорно-акцепторных систем растений зернового сорго как основа для составлений селекционных программ / А.С. Казакова // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт. 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 2. – М., 1999. – С. 124.

98. Кайбияйнен, Л.К. Роль транспортной системы в регуляции донорно-акцепторных отношений у *Finns sylvestris* / Л.К. Кайбияйнен, Г.И. Софронова // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – № 1. – С. 136–143.

99. Картер, Дж. Агротехника сои / Дж. Картер, Э. Хартвиг // Соя. – М.: Колос, 1970. – С. 211–292.

100. Кильчевский, А.В. Экологическая селекция растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 372 с.

101. Киселева, И.С. Гормональная регуляция утилизации ассимилятов в листьях ячменя в связи с формированием донорной функции / И.С. Киселева, О.А. Каминская // Физиология растений. – 2002. – Т. 49. – № 4. – С. 596–602.

102. Климачева, В.А. Сравнительная оценка надежности определения признаков яровой пшеницы в селекционных питомниках разных типов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Климачева Валентина Арсеньевна. – М., 1975. – 18 с.

103. Коваль, В.С. Повышение результативности искусственного отбора при селекции самоопылителей / В.С. Коваль, С.Ф. Коваль // Сектор генетических основ селекции растений ИЦиГ СОР АН. – Новосибирск, 1998. – № 5. – С. 35–42.

104. Коваль, С.Ф. Применение комплекса провокационных фонов для отбора растений / С.Ф. Коваль, Б.И. Токарев // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наукова Думка, 1980. – С. 32–36.

105. Коваль, С.Ф. Растение в опыте: монография / С.Ф. Коваль, В.П. Шаманин. – Омск, 1999. – 204 с.
106. Комаров, Н.М. Использование генетико-статистических подходов в экологическом обосновании сортимента / Н.М. Комаров, В.В. Дубина // Селекция и семеноводство. – 1996. – № 1–2. – С. 10–15.
107. Коновалов, Ю.Б. Общая селекция растений / Ю.Б. Коновалов, В.В. Пыльнев, Т.И. Хупацария, В.С. Рубец. – СПб.: Лань, 2013. – 480 с.
108. Корж, Б.В. К вопросу о связи биологического и хозяйственного урожая растений / Б.В. Корж // Сб. науч. тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1998. – Т. 121. – С. 109–114.
109. Коробейников, Н.И. Корреляционный анализ признаков продуктивности яровой мягкой пшеницы и его использование в практической селекции / Н.И. Коробейников // Повышение эффективности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: Доклады и сообщения 8-й генетико-селекционной школы, Новосибирск, 11–16 нояб., 2001 г. – Новосибирск, 2002. – С. 62–72.
110. Корсаков, Н.И. Соя: метод. указания по селекции и семеноводству / Н.И. Корсаков, Ю.П. Мякушко. – Л., 1975. – 160 с.
111. Кочегура, А.В. Актуальные проблемы и результаты селекции сои / А.В. Кочегура // Материалы междунар. конф., посвящ. 90-летию ВНИИМК. – Краснодар, 2003. – С. 103–109.
112. 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 [и др.] // В кн.: Вклад фундаментальных исследований в развитие современной инновационной экономики Краснодарского края. – 2008. – С. 145.
113. Кочегура, А.В. Новые сорта сои с улучшенными хозяйственно-ценными признаками и свойствами / А.В. Кочегура // Рынок масличных культур в России – сегодня и завтра. – М.: ЭкоНива, 2000. – С. 121–123.
114. Кочегура, А.В. Основные результаты НИР по селекции, семеноводству и технологии возделывания сои, и перспективные направления исследований /

А.В. Кочегура // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои: сб. ст. 2-й Междунар. конф., Краснодар, 9–10 сент. 2008 г. – Краснодар, 2008. – С. 8–14.

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

116. Кочегура, А.В. Признаки адаптивности растений сои к условиям недостаточного увлажнения / А.В. Кочегура, М.В. Мирошниченко // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2007. – Вып. 2 (137). – С. 84–87.

117. Кочегура, А.В. Селекционный прогресс в повышении продуктивности сои / А.В. Кочегура. – Краснодар: ВНИИМК, 2000. – С. 20–22.

118. Кочегура, А.В. Селекция сортов сои разных направлений использования: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Кочегура Александр Васильевич. – Краснодар: ВНИИ масличных культур, 1998. – 47 с.

119. Кочегура, А.В. Состояние и перспективы селекции сои / А.В. Кочегура, С.В. Зеленцов, Е.Н. Трембак // Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 1996. – Вып. 117. – С. 69–72.

120. Крупнов, В.А. Проблемы создания модельного сорта / В.А. Крупнов // Селекция и семеноводство. – 1981. – № 9. – С. 7–11.

121. Кузьмин, М.С. Формирование ассимиляционной поверхности и продуктивность фотосинтеза у растений сои / М.С. Кузьмин // Биология, селекция и генетика сои. – Новосибирск, 1986. – С. 125–134.

122. Кумаков, В.А. Засуха и продукционный процесс в посевах яровой пшеницы / В.А. Кумаков, А.П. Игошин, О.Е. Евдокимова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1994. – № 3. – С. 105–114.

123. Кумаков, В.А. Ростовые функции органов растения как основа сбалансированности донорно-акцепторных отношений / В.А. Кумаков, О.А. Евдокимова, М.А. Буянова // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт. 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 2. – М., 1999. – С. 67.

124. Кумаков, В.А. Физиология формирования урожая яровой пшеницы и проблемы селекции / В.А. Кумаков // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – № 5. – С. 3–19.

125. Кумаков, В.А. Фотосинтетическая деятельность растений в аспекте селекции / В.А. Кумаков // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 283–293.

126. Кумаков, В.А. Способы ранжирования генотипов яровой пшеницы по их потенциальной продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды по накоплению и распределению сухой массы растений в период вегетации / В.А. Кумаков, О.А. Евдокимова, М.А. Буянова // Сельскохозяйственная биология. Сер. Биол. Раст. – 2000. – № 1. – С. 108–112.

127. Кызласов, В.Г. Создание генотипов озимых пшениц с высоким индексом продуктивности колоса и их использование в селекции / В.Г. Кызласов // Генетические ресурсы культурных растений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 13–16 нояб. 2001 г. – СПб., 2001. – С. 333–334.

128. Лаханов, А.П. Система донорно-акцепторных отношений растений гречихи / А.П. Лаханов // Физиология растений – основа рационального земледелия. – М., 1999. – С. 49–51.

129. Лаханов, А.П. Состояние донорно-акцепторных отношений у растений различных видов гречихи / А.П. Лаханов // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт. 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 1. – М., 1999. – С. 130.

130. Лаханов, А.П. Структурно-функциональные особенности листового аппарата гречихи в зависимости от условий водообеспечения / А.П. Лаханов // Доклады РАСХН. – 1996. – № 3. – С. 4–6.

131. Лелли, Я. Селекция пшеницы: Теория и практика / Я. Лелли. – М.: Колос, 1980. – 384 с.

132. Лепехов, С.Б. Взаимосвязь оценок гибридных популяций яровой мягкой пшеницы с их селекционной ценностью / С.Б. Лепехов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3. – С. 12–17.

133. Лепехов, С.Б. Морфобиологические параметры исходного материала яровой мягкой пшеницы для селекции на засухоустойчивость и урожайность в условиях Алтайского края: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Лепехов Сергей Борисович. – Барнаул: Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 2013. – 169 с.

134. Лепехов, С.Б. Некоторые принципы селекции яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость и урожайность в Алтайском крае / С.Б. Лепехов. – Барнаул, 2015. – 149 с.

135. Лепехов, С.Б. Эффективность глазомерной оценки урожайности мягкой пшеницы в селекционных исследованиях / С.Б. Лепехов // Аграрная наука – сельскому хозяйству: XI междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2016. – С. 155–156.

136. Лепехов, С.Б. Эффективность отбора в ранних поколениях гибридов сельскохозяйственных культур по урожайности и признакам продуктивности (обзор) / С.Б. Лепехов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2018. – Т. 179. – Вып. 4. – С. 177–190.

137. Лещенко, А.К. Соя / А.К. Лещенко, В.Г. Михайлов // Селекция технических и кормовых культур. – Киев: Урожай, 1978. – С. 70–76.

138. Лещенко, А.К. Соя / А.К. Лещенко, В.И. Сичкарь, В.Г. Михайлов, В.Ф. Марьюшкин. – Киев, 1987. – 256 с.

139. Литун, П.П. Взаимодействие генотип – среда в генетических и селекционных исследованиях и способы его изучения / П.П. Литун // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наукова Думка, 1980. – С. 63–93.

140. Литун, П.П. Методы идентификации генотипов по продуктивности растений на ранних этапах селекции / П.П. Литун, В.Т. Манзюк, П.Н. Барсуков // Проблемы отбора и оценки селекционного материала: сб. науч. тр. – Киев: Наукова Думка, 1980. – С. 16–28.

141. Литун, П.П. Новый способ определения площади листьев у яровой пшеницы / П.П. Литун, В.С. Голик, В.С. Аладьин [и др.] // Селекция и семеноводство. – 1976. – № 2.

142. Литун, П.П. Критерий оценки номеров в селекционном питомнике / П.П. Литун // Селекция и семеноводство. – 1973. – Вып. 25. – С. 52–58.

143. Лопаткина, Э.Ф. Оценка исходного материала сои по длительности этапов онтогенеза / Э.Ф. Лопаткина // Интенсификация соеводства на Дальнем Востоке. – 1985. – С. 23–27.

144. Лукашевич, И.П. Изменчивость и взаимосвязь признаков у различных морфотипов гороха / И.П. Лукашевич, Л.В. Кукреш // Сб. научных трудов Белорус. НИИ земледелия. – 1991. – № 34. – С. 100–104.

145. Лукомец, В.М. Перспективы и резервы расширения производства масличных культур в Российской Федерации / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, К.М. Кривошлыков // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 81–102.

146. Лукомец, В.М. Пути повышения эффективности отбора растений в популяциях сои при селекции на урожай / В.М. Лукомец, А.В. Кочегура, А.А. Ткачева // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2012. – Вып. 2 (151–152). – С. 44–48.

147. Лукомец, В.М. Адаптивная селекция масличных культур / В.М. Лукомец, С.В. Зеленцов, Н.И. Бочкарев, М.В. Трунова // Теория и практика адаптивной селекции растений (Жученковские чтения VI) // Сборник научных трудов по материалам Междунар. науч.-практич. конф., 25 сентября 2020 г. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – С. 22–25.

148. Лукьяненко, П.П. Избранные труды / П.П. Лукьяненко. – М.: Колос, 1993. – 448 с.

149. Лукьяненко, П.П. Состояние и перспективы работ по селекции низкостебельных сортов озимой пшеницы для условий орошения / П.П. Лукьяненко // Селекция короткостебельных пшениц. – М.: Колос, 1975. – С. 6–18.

150. Лунин, Н.Д. Создание сортов сои для Северного Кавказа и юга Украины: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Лунин Николай Дмитриевич. – Запорожье, 2000. – 47 с.

151. Лэмб, М. Биология старения / М. Лэмб. – М.: Мир, 1980. – 13 с.

152. Маклашова, Л.М. Постфотосинтетическое использование ассимилятов в растении / Л.М. Маклашова // Горизонты физ.-хим. биол.: Шк.-конф. Пущино, 28 мая – 2 июня, 2000. – Т. 2. – С. 15–160.

153. Максимов, Р.А. Новый алгоритм отбора хозяйственно ценных генотипов ячменя / Р.А. Максимов // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 329–332.

154. Малыш, Л.К. Проблемы и перспективы селекции сои для умеренно-холодного климата / Л.К. Малыш // Селекция и технология производства сои. – Благовещенск, 1997. – С. 8–13.

155. Мамонов, Л.К. К вопросу об оценке устойчивости показателей продуктивности при засухе / Л.К. Мамонов, Г.Г. Ким // Повышение продуктивности и устойчивости зерновых культур. – Алма-Ата, 1986. – С. 130–134.

156. Мартыненко, Г.Е. Резервы внутривидовой изменчивости в селекции гречихи на урожайность / Г.Е. Мартыненко // Аграрная Россия. – 2002. – № 1. – С. 73–76.

157. Мартынов, С.П. Глазомерный отбор в селекции яровой пшеницы / С.П. Мартынов, В.А. Крупнов // Сельскохозяйственная биология. – 1983. – № 12. – С. 99–103.

158. Мартынов, С.П. Новый метод оценки селекционного материала / С.П. Мартынов, В.А. Крупнов, С.М. Городецкий // Селекция и семеноводство. – 1982. – № 4. – С. 13–14.

159. Мединец, В.Д. Структура урожая с точки зрения его формирования в разных фазах роста / В.Д. Мединец // Селекция и семеноводство. – 1952. – № 10. – С. 22–27.

160. Миляева, Э.Л. Пути передачи морфогенетических сигналов в стеблевых апексах растений при переходе от вегетативного состояния к репродуктивному / Э.Л. Миляева, В.Ю. Никифорова // 18-я Российская конференция по электронной микроскопии, Черноголовка, 5 июня – 8 июля, 2000 г.: Тезисы докладов. – С. 269.

161. Мирошниченко, М.В. Изменение хозяйственно биологических признаков сортов сои в результате селекции: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05 / Мирошниченко Марина Валериевна – Краснодар, 2005. – 167 с.

162. Мирошниченко, М.В. Изменение хозяйственно биологических признаков сортов сои в результате селекции: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05 / Мирошниченко Марина Валериевна. – Краснодар, 2005. – 24 с.

163. Мирошниченко, М.В. Особенности высокопродуктивных сортов сои современной селекции / М.В. Мирошниченко // Итоги исследований по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005–2010 гг. – Краснодар, 2004. – С. 103–109.

164. Михальцова, М.Е. Изменчивость и генетический контроль озерненности колоса у растений пивоваренного ячменя / М.Е. Михальцова, Н.А. Калашник // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – № 3. – С. 72–75.

165. Михкельман, В.А. Эффективность визуальной оценки линий ярового ячменя по урожайности зерна на разных этапах селекционной работы / В.А. Михкельман, Р.К. Кадиков // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 5. – С. 82–88.

166. Мокроносов, А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма / А.Т. Мокроносов. – М.: Наука, 1983. – 64 с.

167. Мудрова, А.А. Селекция озимой твердой пшеницы на Кубани / А.А. Мудрова. – Краснодар, 2004. – С. 5.

168. Мякушко, Ю.П. Вопросы селекции сои на повышение урожая семян / Ю.П. Мякушко // Бюллетень НТИ по масличным культурам. – Краснодар, 1970. – С. 3–7.

169. Мякушко, Ю.П. К вопросу опадения цветков у сои / Ю.П. Мякушко, Л.М. Лыгина // Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – Краснодар, 1975. – Вып. 4. – С. 50–53.

170. Мякушко, Ю.П. Культура сои в европейской части СССР / Ю.П. Мякушко, А.В. Кочегура // Сельскохозяйственная биология. – 1976. – Т. 11. – № 1. – С. 23–30.

171. Мякушко, Ю.П. Направления, результаты и перспективы селекции / Ю.П. Мякушко // Соя. – М.: Колос, 1984. – С. 125–138.

172. Наволоцкий, В.Д. Обоснование модели сорта ярового ячменя для условий неустойчивого увлажнения / В.Д. Наволоцкий, А.К. Ляшок // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 7. – С. 26–32.

173. Назаренко, О.К. Оценка линий яровой пшеницы в селекционных питомниках различных типов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / О.К. Назаренко. – М., 1969. – 17 с.

174. Нейман, И.Д. Взаимосвязь хозяйственно-ценных признаков и их использование в селекции озимой ржи / И.Д. Нейман // Вклад молодых ученых в развитие Сибирской аграрной науки: мат-лы конф. научной молодежи СО Россельхозакадемии, Краснообск, 23 апр. 1998 г. – Новосибирск, 1999. – С. 61–62.

175. Нечас, И. Генетические и селекционные аспекты потенциала продуктивности растений / И. Нечас // Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1984. – С. 70–83.

176. Нжолайчук, В.Л. К результатам изучения наследования количественных признаков у лядвенца рогатого и влияния некоторых из них на урожай семян / В.Л. Нжолайчук // Наук. вісн. Ужгород. ун-та. Сер. Биол. – 1998. – С. 106.

177. Ничипорович, А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – С. 5–36.

178. Ничипорович, А.А. Потенциальная продуктивность растений и принципы оптимального ее использования / А.А. Ничипорович // Сельскохозяйственная биология. – 1979. – Т. 14. – № 6. – С. 683–685.

179. Ничипорович, А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Физиология растений. Итоги науки и техники. – 1977. – Т. 3. – С. 11–54.

180. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.У. Строганова, С.Н. Чмора и др. – М.: АН СССР, 1961. – 133 с.

181. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А.А. Ничипорович // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 511–527.

182. Новиков, А.В. Изменение уборочного индекса в процессе селекции и его влияние на урожайность пшеницы мягкой озимой: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Новиков Алексей Владимирович. – Краснодар: Кубанский гос. аграр. ун-т, 2012.

183. Новикова, Н.Е. Физиологическое обоснование роли морфотипа растений в формировании урожайности сортов гороха: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 03.00.12 / Новикова Надежда Евгеньевна. – Орел: Орловский ГАУ, 2002. – 44 с.

184. Новоселов, С.Н. Философия идеотипа сельскохозяйственных культур. Методология и методика / С.Н. Новоселов // Научный журнал КубГАУ. – 2006. – № 24. – С. 308–319.

185. Оглы, А.М. Проявление краевого эффекта в мелкоделяночных опытах и способы его учета / А.М. Оглы, В.С. Ковалев, Е.П. Максименко // Рисоводство. – 2021. – С. 13–19.

186. Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.

187. Омелянюк, Л.В. Селекция на усовершенствование архитектоники гороха / Л.В. Омелянюк, А.М. Асанов // Проблемы стабилизации и развития сельскохозяйственного производства Сибири, Монголии и Казахстана в XXI веке: тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 1999. – С. 253–254.

188. Пакудин, В.З. Методы оценки экологической пластичности сортов сельскохозяйственных растений / В.З. Пакудин // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наукова Думка, 1980. – С. 93–100.

189. Пакудин, В.З. Параметры оценки экологической пластичности сортов и гибридов / В.З. Пакудин // Теория отбора в популяциях растений. – Новосибирск: Наука С.О., 1976. – С. 178–189.

190. Петибская, В.С. Соя: качество, использование, производство / В.С. Петибская, В.Ф. Баранов, А.В. Кочегура [и др.]. – М., 2001. – 64 с.

191. Петрова, Л.Н. Роль вегетативных органов озимой пшеницы в снабжении зерна ассимилятами и основными элементами питания / Л.Н. Петрова // Тез. докл. Всесоюзн. семинара «Физиолого-биохимические процессы, определяющие величину и качество урожая у пшеницы и других колосовых злаков». – Казань, 1972. – С. 98.

192. Пешек, И. Взаимодействие генотипов и среды и анализ продукционной устойчивости / И. Пешек, И. Гартман, И. Нидерле // Взаимодействие генотип – среда у растений и его роль в селекции. – Краснодар: КНИИСХ, 1988. – С. 19–35.

193. Посыпанов, Г.С. Биологические параметры сорта сои для центрального района Нечерноземной зоны европейской части РСФСР / Г.С. Посыпанов // Известия ТСХА. – 1984. – № 4. – С. 17–22.

194. Посыпанов, Г.С. Соя в Подмосковье / Г.С. Посыпанов. – М., 2007. – 200 с.

195. Пустовойт, В.С. Избранные труды / В.С. Пустовойт. – М.: Колос. – 368 с.

196. Пыльнев В.В. Закономерности эволюции озимой пшеницы в результате селекции: автореф. дис. ... д-ра биол. Наук: 06.01.05 / Пыльнев Владимир Валентинович. – М., 1998. – 35 с.

197. Пыльнев, В.В. Изменение урожайности и элементов структуры урожая озимой мягкой пшеницы в результате селекции / В.В. Пыльнев, А.В. Нефедов // Известия ТСХА. – 1987. – Вып. 2. – С. 50–57.

198. Розенцвейг, В.Е. Ветвление как фактор стабилизации урожаев сои в производстве / В.Е. Розенцвейг, Д.В. Голоенко, О.Г. Давыденко // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2010. – Вып. 2 (144–145). – С. 81–83.

199. Розенцвейг, В.Е. Возможность селекции раннеспелых сортов сои для пониженной плотности стеблестоя / В.Е. Розенцвейг, Д.В. Голоенко, О.Г. Давыденко // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2011. – Вып. 1 (146–147). – С. 40–43.

200. Розенцвейг, В.Е. Динамика корреляционных связей и модель сорта сои / В.Е. Розенцвейг, Д.В. Голоенко, О.Г. Давыденко // Сб. статей 2-й междунар. конф. по сое «Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои», 9–10 сентября 2008 г. – Краснодар, 2008. – С. 171–177.

201. Розенцвейг, В.Е. Отбор в гетерогенных популяциях сои: конкурентоспособность (сообщение 2) / В.Е. Розенцвейг, Д.В. Голоенко, О.Г. Давыденко // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2016. – Вып. 166 (2). – С. 19–25.

202. Розенцвейг, В.Е. Селекционные пути оптимизации структуры листового аппарата сои в засушливых регионах / В.Е. Розенцвейг, Д.В. Голоенко // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 2 (186). – С. 24–30.

203. Розенцвейг, В.Е. Краевые эффекты в селекционных питомниках сои / В.Е. Розенцвейг, Д.В. Голоенко // Селекція і насінництво. – 2007. – Вып. 93. – С. 157–161.

204. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика. 3-е изд. / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Вышэйш. школа, 1973. – 320 с.

205. Роньжина, Е.С. Сравнительный анализ действия фузикоцина, АБК и БАП на транспорт и распределение веществ в изолированных листьях в связи с проблемой аттрагирующего эффекта цитокининов / Е.С. Роньжина // Физиология растений. – 2004. – Т. 51. – № 4. – С. 493–499.

206. Рутц, Р.И. Критерий селекционной значимости полигенных признаков в регулярных скрещиваниях генетически разнокачественных наборов родительских форм пшеницы / Р.И. Рутц // Научные труды Омского с.-х. института. – Омск, 1978. – Вып. 174. – С. 37–42.

207. Рязанцева, Т.П. Методы и результаты селекции сои в Приамурье // Биология, селекция и возделывание сои / Т.П. Рязанцева. – Благовещенск, 1971. – С. 16–23.

208. Рязанцева, Т.П. Основные итоги селекции сои в Амурской области // Некоторые вопросы селекции и биологии сои / Т.П. Рязанцева. – Благовещенск, 1975. – С. 25–29.

209. Рязанцева, Т.П. Селекция сои в Приамурье на скороспелость и урожайность // Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений на Дальнем Востоке / Т.П. Рязанцева. – Хабаровск, 1970. – С. 48–61.

210. Самофалова, Н.Е. Достижения и проблемы в селекции твердой озимой пшеницы / Н.Е. Самофалова, Н.П. Иличкина, М.А. Лещенко [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 6. – С. 15–22.

211. Сапега, В.А. Урожайность и экологическая пластичность зерновых культур в Северном Казахстане / В.А. Сапега // Аграрная Наука. – 1997. – № 2. – С. 20–21.

212. Селянов, В.А. Изучение корреляционных связей между урожайностью и ее элементами у гороха / В.А. Селянов // Проблемы селекции полевых культур на адаптивность и качество в засушливых условиях. – Саратов, 2001. – С. 177–180.

213. Симаков, Г.А. Селекционная ценность коллекции гороха в обосновании параметров продуктивного сорта / Г.А. Симаков // Рекомбинационная селекция растений в Сибири. – Новосибирск, 1989. – С. 122–128.

214. Синеговская, В.Т. Методы исследований в полевых опытах с соей / В.Т. Синеговская, Е.Т. Наумченко, Т.П. Кобозева. – Благовещенск, 2016. – 115 с.

215. Сичкар, В.И. Селекція сої / В.І. Січкарь // Спеціальна селекція польових культур. – Біла Церква, 2010. – С. 160–178.

216. Скаженник, М.А. Уборочный индекс и его связь с формированием урожайности и элементами структуры урожая сортов риса / М.А. Скаженник, Н.В. Воробьев, В.С. Ковалев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 2. – С. 29–31.

217. Соколов, С.М. Некоторые признаки сортов сои зернового использования для условий орошения Поволжья / С.М. Соколов // НТБ ВИР. – 1985. – Вып. 153. – С. 63–66.

218. Соколова, С.В. Аттрагирующая активность потребляющих органов и действие цитокинина / С.В. Соколова, И.М. Дубинина, Н.В. Парамонова, Б.А. Бураханова // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт. 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 2. – М., 1999. – С. 136.

219. Старжицкий, Ст. Биологическая основа моделирования сельскохозяйственных растений / Ст. Старжицкий // Труды 14-го Междунар. генетич. конгресса. – М.: Наука, 1981. – С. 434–439.

220. Стельмах, А.Ф. Оценка важнейших сортов озимой мягкой пшеницы по их параметрам стабильности / А.Ф. Стельмах // Генетика и селекция количественных признаков. – Киев: Наукова Думка, 1976. – С. 20–24.

221. Степанова, В.М. Биоклиматология сои / В.М. Степанова. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 115 с.

222. Степанова, В.М. Климат и сорт (соя) / В.М. Степанова. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 183 с.

223. Табаленкова, Г.Н. Донорно-акцепторные отношения травянистых растений / Г.Н. Табаленкова // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт. 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 1. – М., 1999. – С. 137.

224. Тараско, С.В. Особенности наследования уборочного индекса у внутривидовых гибридов пшеницы мягкой озимой / С.В. Тараско, Л.А. Беспалова, А.В. Новиков // В сб.: 100 лет на службе АПК. Краснодар: КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко, 2014. – С. 137–145.

225. Теоретические основы селекции. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур (люпин, вика, соя, фасоль) / Под. ред. Б.С. Курловича, С.И. Репьева. – СПб.: ВИР, 1995. – Т. 3. – 438 с.

226. Терентьева, И.Н. Устойчивость к неблагоприятным условиям среды / И.Н. Терентьева // Соя. – М.: Колос, 1984. – С. 60–66.

227. Толоконников, В.В. Модель высокопродуктивного среднераннеспелого сорта сои для условий орошения Нижнего Поволжья / В.В. Толоконников, С.С. Мухаметханова, Н.М. Плющева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – Т. 1. – № 2-1 (30). – С. 59–63.

228. Толоконников, В.В. Селекция и семеноводство сои в Нижнем Поволжье / В.В. Толоконников // Итоги исследований по сое за годы

реформирования и направления НИР на 2005–2010 гг. – Краснодар, 2004. – С. 133–139.

229. Тооминг, Х. Связь фотосинтеза, роста растений и геометрической структуры листовой растительного покрова с режимом солнечной радиации на разных широтах / Х. Тооминг // Ботанический журнал. – 1967. – Т. 52. – № 5. – С. 601–616.

230. Торбина, И.В. К методике анализа селекционных образцов в ранних звеньях селекционного процесса / И.В. Торбина // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 23–27.

231. Тороп, Е.А. Морфогенетические закономерности формирования продуктивности озимой ржи (*Secale cereale* L.): автореф. дис. ... д-ра биол. Наук: 06.01.05 / Тороп Елена Александровна. – Рамонь, 2011. – 46 с.

232. Трембак, Е.Н. Межгенотипическая конкуренция у сои и ее селекционное значение / Е.Н. Трембак // Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2001. – Вып. 1 (124). – С. 82–88.

233. Трембак, Е.Н. Способ получения естественных гибридов сои / Е.Н. Трембак, А.В. Кочегура // Патент на изобретение. – Номер патента: RU 2185724 С2, 2002. – Номер заявки: 99126950/13. – Дата регистрации: 21.12.1999. – Дата публикации: 27.07.2002.

234. Третьякова, И.Л. Влияние удаления части листовых пластинок на перераспределение азотсодержащих веществ по органам растения яровой пшеницы / И.Л. Третьякова, М.П. Кондратьев // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт. 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 1. – М., 1999. – С. 138–139.

235. Трунова, М.В. Соответствие оценок на делянках селекционного питомника оценкам урожаев в конкурсном сортоиспытании сои / М.В. Трунова, А.В. Кочегура // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. № 1 (161). – С. 41–45.

236. Трунова, М.В. Возможность повышения точности оценок урожайности селекционного материала сои в ранних питомниках / М.В. Трунова, А.В. Кочегура // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 3 (167). – С. 9–15.

237. Трунова, М.В. Методика отбора высокопродуктивных генотипов сои в селекционном питомнике / М.В. Трунова // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – Вып. 4 (172). – С. 25–30.

238. Трунова, М.В. Модель раннеспелого сорта сои для южно-европейской части России / М.В. Трунова // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – Вып. 170. – С. 27–36.

239. Трунова, М.В. Морфобиологические особенности растений сои, адаптированных к условиям недостаточного увлажнения юга России / М.В. Трунова, А.В. Кочегура // Материалы науч.-практ. конф. Кубанского отделения ВОГиС. – Краснодар, 2009. – С. 28–34.

240. 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.

241. 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.

242. Трунова, М.В. Признаки отбора сортов сои в селекционном питомнике в зависимости от продолжительности вегетационного периода / М.В. Трунова // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 4 (176). – С. 23–26.

243. 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 Междунар. науч.-практ. конф. в

рамках мероприятий «Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации», 300-летия Российской академии наук. – Краснодар, 2024. – С. 381–384.

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

245. 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.

246. Турбин, Н.В. Теоретические основы и методы современной селекции растений / Н.В. Турбин // Селекция и семеноводство зерновых и кормовых культур. – М.: Колос, 1972. – С. 27–47.

247. Уиттеркер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттеркер. – М.: Прогресс, 1980. – 327 с.

248. Устюжанин, А.П. Селекция сортов сои северного экотипа / А.П. Устюжанин, В.Е. Шевченко, А.В. Турьянский, Н.С. Агафонов, Т.Г. Ващенко и др. – Воронеж, 2007. – 226 с.

249. Фарниев, А.Т. Фотосинтетическая деятельность посевов сои в зависимости от сортотипа и активности симбиоза / А.Т. Фарниев, М.А. Плиев // Соя и другие бобовые культуры в Центральном Черноземье. – Воронеж, 2001. – С. 64–70.

250. Ферстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Ферстер, Б. Ренц. – М.: Финансы и статистика, 1983. – С. 119.

251. Фесенко Н.В. Эволюционные аспекты селекции растений / Н.В. Фесенко, Г.Е. Мартыненко // С.-х. биология – 1992. – № 3. – С. 3–12.

252. Фесенко, Н.В. Эволюционно-генетическая концепция селекции гречихи / Н.В. Фесенко // Аграрная Россия. – 2002. – № 1. – С. 54–57.

253. Фесенко, Н.Н. Моделирование отбора по величине зоны ветвления стебля у сортов гречихи, прошедших селекцию по этому признаку / Н.Н. Фесенко, И.А. Гуринович // Биологический и экономический потенциал зернобобовых,

крупяных культур и пути его реализации: мат-лы междунар. науч. конф. – Орел, 1999. – С. 229–234.

254. Фокина, Е.М. Результаты изучения многократных отборов в селекционном питомнике при создании новых сортов сои / Е.М. Фокина, Д.Р. Разанцев, Г.Н. Беляева // Аграрная наука. – 2023. – № 374 (9). – С. 90–95.

255. Фукс, А. Методы определения стабильности урожайности / А. Фукс // Труды университета дружбы народов им. П. Лумумбы. – М., 1980. – Т. 91. – С. 9–21.

256. Хасбиуллина, О.И. Анализ селекционного материала сои в Приморском НИИСХ / О.И. Хасбиуллина, Н.В. Мудрик, Е.С. Бутовец // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (100). – С. 28–31.

257. Хауэлл, Р.В. Физиология сои / Р.В. Хауэлл // Соя. – М.: Колос, 1970. – С. 99–164.

258. Хейн, Э. Дж. Селекция пшеницы. Пшеница и ее улучшение / Э. Дж. Хейн, Дж. С. Смит; пер. с англ. – М.: Колос, 1970. – С. 296–336.

259. Холупенко, И.П. Реутилизация ассимилятов у риса в условиях благоприятных и неблагоприятных для налива зерновок / И.П. Холупенко, О.Л. Бурундукова, Н.М. Воронцова, В.П. Жемчугова // 4-й Съезд О-ва физиологов раст. России. Междунар. Конф. «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт., 1999. Тезисы докладов. – Т. 2. – М., 1999. – С. 726–727.

260. Хухлаев, И.И. Роль параметров стабильности элементов структуры урожая в селекции гороха / И.И. Хухлаев // Науч. тех. бюл. Всесоюз. селекц.-генет. института. – 1987. – № 4/66. – С. 57–63.

261. Цильке, Р.А. Урожайность и элементы структуры у районированных сортов яровой пшеницы в Северном Казахстане / Р.А. Цильке, В.А. Сапега // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1993. – № 1. – С. 20–26.

262. Цыганков, В.И. Исходный материал в селекции яровой пшеницы на адаптивность и засухоустойчивость / В.И. Цыганков // Достижения науки и техники АПК. – 2001. – № 11. – С. 9–13.

263. Чанишвили, Ш.Ш. Особенности суточного ритма передвижения ассимилятов в виноградной лозе / Ш.Ш. Чанишвили, М.Д. Долидзе, Г.Ш. Бадридзе [и др.] // Физиология растений. – 2004. – Т. 51. – № 1. – С. 57–61.

264. Чекалин, Н.М. Методы повышения эффективности отбора по количественным признакам / Н.М. Чекалин // Селекция зернобобовых культур / Под ред. А.В. Пухальского; ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1981. – Гл. IV. – С. 101–123.

265. Чернухин, В.А. Особенности полиморфизма по архитектонике генеративной зоны гречихи в сортах и селекционных номерах / В.А. Чернухин, Е.Л. Победоносцева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2000. – № 14. – С. 34–42.

266. Черный, И.В. Ветвистость колоса как маркер в селекции пшеницы на продуктивность / И.В. Черный, М.Л. Черная, С.И. Черный // 2 Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, СПб., 1–5 февр. 2000 г. – С. 205.

267. Шевченко, Н.С. Обоснование параметров будущих сортов сои для условий ЦЧР / Н.С. Шевченко, И.Е. Романцова // Селекция и агротехнология сортов сои северного экотипа: сб. материалов науч. конф. – Воронеж, 2006. – С. 98–105.

268. Шевченко, Н.С. Результаты и перспективы селекционно-семеноводческой работы по сое в БелГСХА / Н.С. Шевченко, В.В. Шевченко, В.П. Бахтин [и др.] // Итоги исследований по сое за годы реформирования и направления НИР на 2005–2010 гг. – Краснодар, 2004. – С. 223–232.

269. Шерепитко, В.В. Характер наследования некоторых признаков продуктивности у сои / В.В. Шерепитко // Селекция и семеноводство. – 1999. – № 2–3. – С. 26–30.

270. Юрьев, В.Я. Избранные труды: Селекция и семеноводство полевых культур / В.Я. Юрьев. – Киев: Урожай, 1971. – 352 с.

271. Яковлев В.Л. Эффективность отбора в ранних поколениях гибридного гороха: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Яковлев Виктор Львович. – Л., 1984. – 39 с.

272. Якубова, М.М. Физиолого-биохимические аспекты ассимиляции С_{ог} и N в связи с продуктивностью хлопчатника / М.М. Якубова, Т.Д. Гиясов, Х.Ю. Юлдашев [и др.] // 4-й Съезд Общества физиологов растений. Международная конференция «Физиология растений – наука 3-го тысячелетия», Москва, 4–9 окт. 1999 г.: Тезисы докладов. – Т. 2. – М., 1999. – С. 288–289.

273. Яценко, Г.К. Донорно-акцепторные отношения органов у полукарликовых сортов озимой мягкой и твердой пшеницы / Г.К. Яценко, В.В. Гармашов // Науч.-тех. бюл. Всесоюз. селекц.-генет. института. – 1987. – № 1. – С. 37–42.

274. Яшков, М.Ю. Структура донорно-акцепторных связей и транспорт ассимилятов в онтогенезе дикорастущих видов Среднего Урала / М.Ю. Яшков, Е.Л. Решетова, А.А. Гангардт // Соврем. пробл. популяц., ист. и прикл. Экол.: Материалы конф. мол. ученых-экологов Уральского региона, Екатеринбург, 21–24 апр., 1998. – С. 227–231.

275. Anarase, S.A. Phenotypic stability of yield components in pearl millet / S.A. Anarase, S.D. Ugale, N.D. Moholkar // J. Maharashtra Agr. Univ. – 2000. – Vol. 25. – No. 3. – P. 258–261.

276. Ashley, D.A. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars / D.A. Ashley, W.J. Ethridge // Agronomy Journal. – 1978. – Vol. 70. – No. 3. – P. 467–471.

277. Baburkova, M. Vliv genotypu a agrotechniky na strukturu výnosových prvků pohanky seté / M. Baburkova, J. Juza, J. Moudry [et al.] // Rostl. Vyroba. – 2000. – Vol. 46ю – No. 5. – P. 225–230.

278. Barnes, D.K. Specific leaf weight differences in alfalfa associated with variety and plant age / D.K. Barnes, R.B. Pearce, G.E. Carlson [et al.] // Crop Sci. – 1969. – Vol. 9. – P. 421–423.

279. Bastidas, A.M. Soybean sowing date: The vegetative, reproductive, and agronomic impacts / A.M. Bastidas, T.D. Setiyono, A. Dobermann [et al.] // Crop Science. – 2008. – Vol. 48. – No. 2. – P. 727–740.

280. Beaver, J.S. Dry matter accumulation patterns and seed yield components of two indeterminate soybean cultivars / J.S. Beaver, R.L. Cooper // *Agronomy Journal*. – 1982. – Vol. 74. – No. 2. – P. 380–383.

281. Becker, H.C. Stability analysis in plant breeding / H.C. Becker, J. Leon // *Plant Breeding*. – 1988. – Vol. 101. – No. 1. – P. 1–23.

282. Bi, T. Response of peanut dry matter allocation to genetic selection for yield in North Carolina / Bi, T., Wells, R., Wynne, J.C. // *Proc. Amer. Peanut Res. Educ. Soc.* – 1989. – 21. – P. 22.

283. Blanchet, R. Influence de diverses modalites d'alimentation hydrique sur la biologie et la production du soja / R. Blanchet, N. Gelfi, J.-R. Marty [et al.] // *Informations Techniques CETIOM*. – 1980. – No. 71. – P. 12–21.

284. Board, J.E. Path analysis of the yield formation process for late-planted soybean / J.E. Board, M.S. Kang, B.G. Harville // *Agronomy Journal*. – 2019. – Vol. 111. – № 1. – P. 1–8.

285. Boerma, H.R. Comparison of past and recently developed soybean cultivars in maturity groups VI, VII, and VIII / H.R. Boerma // *Crop Sci.* – 1979. – V. 19. – P. 611–613.

286. Borad, V.P. Variability in qualitative and quantitative characters of forage sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) / V.P. Borad, J.R. Patel, N.M. Patel // *Gujarat Agr. Univ. Res. J.* – 1988. – Vol. 21. – No. 2. – P. 17–20.

287. Boyer, J.S. Plant productivity and environment / J.S. Boyer // *Science*. – 1982. – Vol. 218. – № 4571. – P. 443–448.

288. Briggs, K.G. Visual selection for yielding ability of F3 lines in a hard red spring wheat breeding program / K.G. Briggs, L.H. Shebeski // *Crop Science*. – 1970. – Vol. 10. – No. 4. – P. 400–402.

289. Buttery, B.R. Some differences between soybean cultivars observed by growth analysis / B.R. Buttery, R.I. Buzzell // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1972. – Vol. 52. – No. 1. – P. 13–20.

290. Byth, D.E. Specific and non-specific index selection in soybeans, *Glycine max* L. (Merrill) / D.E. Boyer, B.T. Caldwell, C.R. Weber // Crop Science. – 1969. – Vol. 9. – No. 6. – P. 702–705.
291. Cannell, R.Q. Net assimilation rate in barley, oats and wheat / R.Q. Cannell // J. Agr. Sci. – 1967. – Vol. 68. – P. 157–164.
292. CESB – Comitê estratégico Soja Brasil. “Brazilian Soybean Strategic Committee” National challenge of maximum productivity // <http://www.cesbrasil.org.br/desafio-da-soja/>. – 2020.
293. Condon, A.G. Carbon isotop discrimination is positively correlated with grain yield and dry matter production in field-grown wheat / A.G. Condon, R.A. Richards, G.D. Farquhar // Crop Science. – 1987. – Vol. 27, № 5. – P. 996–1001.
294. Cooper, R.L. Breeding semidwarf soy-beans / R.L. Cooper // Plant breeding reviews. – 1985. – V. 3. – P. 298–311.
295. Cox, T.S. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987 / T.S. Cox et al. // Crop Science. – 1988.
296. Curtis, P.E. Varietal differences in soybean photosynthesis / P.E. Curtis, W.L. Ogren, R.H. Hageman // Crop Sci. – 1969. – Vol. 9. – P. 323–327.
297. Dashiell, K.E. Genotype x environment interactions in simultaneous selection for high yield and stability in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) / K.E. Dashiell, O.J. Ariyo, L. Bello [et al.] // Annals of Applied Biology. – 1994. – Vol. 124. – No. 1. – P. 133–139.
298. De Bruin, Jason L. Yield and yield component changes among old and new soybean cultivars / J. L. De Bruin, P. Pedersen // Agronomy Journal. – 2009. – Vol. 101 (1). – P. 124.
299. De Felipe, M. Soybean genetic gain in maturity groups III to V in Argentina from 1980 to 2015 / M. de Felipe, J.A. Gerde, J.L. Rotundo // Crop Science. – 2016. – Vol. 56. – P. 3066–3077.
300. Donald, C.M. The breeding of crop ideotypes / C.M. Donald // Euphytica. – 1968. – V. 17. – P. 385–403.

301. Dornhoff, G.M. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves / G.M. Dornhoff, R.M. Shibles // Crop Sci. – 1970. – Vol. 10. – P. 42–45.
302. Eavis, B.W. Transpiration of soybeans as related to leaf area, root length, and soil water content / B.W. Eavis, H.M. Taylor // Agronomy Journal. – 1979. – Vol. 71. – No. 3. – P. 441–445.
303. Eberhart, S.A. Intra-plot competition among maize single crosses / S.A. Eberhart, L.N. Penny, G.F. Sprague // Crop Science. – 1964. – Vol. 4. – No. 5. – P. 467–471.
304. Eberhart, S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // Crop Science. – 1966. – Vol. 6. – No. 1. – P. 36–40.
305. Ecochard, R. Developpement phasique et productivite du soja: etude varietalle / Ecochard R., Denuc M., Aussel P. // Ann. Amelior. Plantes. – 1978. – Vol. 28. – No. 4. – P. 351–370.
306. Elmore, R.W. Determinate and indeterminate soybeans in low-yield and high-yield environments / R.W. Elmore, M.D. MacNeil, R.F. Mumm // Appl. Agr. Res. – 1987. – Vol. 2. – No. 2. – P. 74–80.
307. Evans, L.T. Physiological aspects of varietal improvement / L.T. Evans // Gene Manipulation Plant Improvement, 16th Stadler Genetic Symposium, 1984. – New York, London, 1984. – P. 121–146.
308. Evans, L.T. Some physiological aspects of evolution in wheat / L.T. Evans, R.L. Dunstone // Aust. J. Biol. Sci. – 1970. – Vol. 23. – P. 725–741.
309. Fick, G.N. Intercultivar competition in sunflower test plots / G.N. Fick, C.M. Swallers // Agronomy Journal. – 1975. – V. 67. – No. 6. – P. 743–745.
310. Finlay, K.W. The analysis of adaptation in a plant breeding programme / K.W. Finlay, G.N. Wilkinson // Australian Journal Agricultural Research. – 1963. – Vol. 14. – No. 6. – P. 742–754.
311. Fox, C.M. Estimating soybean genetic gain for yield in the northern United States—Influence of cropping history / C.M. Fox et al. // Crop Science. – 2013. – Vol. 53. – P. 2473–2482.

312. Frankel, O.H. The development and maintenance of superior genetic stocks / O.H. Frankel // *Heredity*. – 1950. – Vol. 4. – P. 89–102.

313. Gauch, H.G. Identifying mega-environments and targeting genotypes / H.G. Gauch, R.W. Zobel // *Crop Science*. – 1997. – Vol. 37. – No. 2. – P. 311–326.

314. Gifford, R.M. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield / R.M. Gifford, L.T. Evans // *Annual Review of Plant Physiology*. – 1981. – Vol. 32. – P. 485–509.

315. Gizlice, Z. Genetic base for North American public soybean cultivars released between 1947 and 1988 / Z. Gizlice, T.E. Carter, J.W. Burton // *Crop Science*. – 1994. – Vol. 34. – No. 5. – P. 1143–1151.

316. Gunn, S. Specific leaf weight in barley: individual leaves versus whole plants / S. Gunn, J.F. Farrar, B.E. Collis, M. Nason // *New Phytol.* – 1999. – V. 143. – P. 45–51.

317. Habgood, R.M. Estimation of genetic diversity of self-fertilizing cereal cultivars based on genotype–environment interactions / R.M. Habgood // *Euphytica*. – 1977. – Vol. 26. – No. 2. – P. 485–489.

318. Harer, P.J.N. Correlation and path coefficient analysis in pearl mulct / P.J.N. Harer, S.R. Karad // *J. Maharashtra Agr. Univ.* – 1998. – Vol. 23. – No. 1. – P. 132–135.

319. Hartwing, E. Identification and utilization of a delayed flowering character in soybeans for shoriday conditions / E. Hartwing, R. Kiihl // *Field Crop Res.* – 1979. – Vol. 2. – No. 2. – P. 145–151.

320. Havinen, S. Breeding of a protein pea ideotype for Finnish conditions / S. Havinen // *J. Agr. Sc. in Finland*. – 1988. – Vol. 60. – No. 1. – P. 1–72.

321. Hazel, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes / L.N. Hazel // *Genetics*. – 1943. – V. 28. – P. 476–490.

322. Heath, O.V.S. The constancy of the mean net assimilation rate and its ecological importance / O.V.S. Heath, F.G. Gregory // *Annals of Botany, New Series*. – 1938. – Vol. 2. – P. 811–818.

323. Hesketh, J.D. Limitations to photosynthesis responsible for differences among species / J.D. Hesketh // *Crop Science*. – 1963. – Vol. 3. – P. 493–496.

324. Huck, M.G. Soybean adaptation to water stress at selected stages of growth / M.G. Huck, K. Ishihara, C.M. Peterson, T. Ushijima // Plant Physiology. – 1983. – Vol. 73. – No. 2. – P. 422–427.

325. Islam, M.T. Characterization of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes for yield and yield components / M.T. Islam, A. Waichi, F. Kubota // J. Fac. Agr., Kyushu Univ. – 1993. – Vol. 38. – No. 1–2. – P. 81–88.

326. Iton, R. Acclimation of soybean plants to water deficit. I. Effects of prolonged water deficit on the production and partition of dry matter / R. Iton, A. Kumura // Japanese Journal of Crop Science. – 1986. – Vol. 55. – No. 3. – P. 367–373.

327. Jin, J. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China / J. Jin, X. Liu, G. Wang, L. Mi, Z. Shen, X. Chen, S.J. Herbert // Field Crop Res. – 2010. – V. 115. – P. 116–123.

328. Jowett, D. Yield stability parameters for sorghum in East Africa / D. Jowett // Crop Science. – 1972. – Vol. 12. – No. 3. – P. 314–317.

329. Kang, M.S. Path analyses identify indirect selection criteria for yield of late-planted soybean / M.S. Kang // Crop Sci. – 1997. – Vol. 37. – P. 386–392.

330. Kang, M.S. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: consequences for growers / M.S. Kang // Agronomy Journal. – 1993. – Vol. 85. – No. 4. – P. 754–757.

331. Kassem, A.A. Genetic studies of wheat traits in a diallel cross / A.A. Kassem // Meld. Norg. Lausbruksh. – 1977. – Vol. 56. – No. 31. – P. 16.

332. Ke Jianguo. Characteristics of grain filling and coordination of sources and sinks during the filling period in relation to different source-sink types in rice / Ke Jianguo, J. Haidong, L. Jianfei [et al.] // J. Nanjing Agr. Univ., 1998. – 21. – No. 3. – P. 15–20.

333. Koester, R.P. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies / R.P. Koester et al. // Journal of Experimental Botany. – 2014. – Vol. 65. – P. 3311–3321.

334. Kokubun, M. Desing and evalution of soybean ideotypes / M. Kokubun // Bull. Tohoku Natl. Agric. Exp. – Stn. 77. – P. 77–142.

335. Kokubun, M. Soybean Cultivar Difference in Leaf Photosynthetic Rate and its Relation to Seed Yield / M. Kokubun, H. Mochida, Y. Asahi // Japanese Journal of Crop Science. – 1988. – V. 57, Issue 4. – P. 743–748.

336. Kudachikar, V.B. Physiological basis for higher productivity in upland cotton under rainfed conditions / V.B. Kudachikar, B.S. Janagouder // Journal of Maharashtra Agricultural University. – 1998. – Vol. 23. – No. 2. – P. 187–188.

337. Kumudini, S. Genetic improvement in short season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration / S. Kumudini, D. Hume, G. Chu // Crop Science. – 2001. – Vol. 41. – Is. 2. – P. 391–398.

338. Larson, E.M. Seasonal variation in apparent photosynthesis among plant stands of different soybean cultivars / E.M. Larson, J.D. Hesketh, J.T. Wooley [et al.] // Photosynth. Res. – 1981. – V. 2. – P. 3–20.

339. Lathwal, O.P. Performance of wheat varieties sown on different dates under rained conditions / O.P. Lathwal, S.K. Thakral // Crop Res. – 1999. – Vol. 18. – No. 3. – P. 470–471.

340. Law, C. The genetical relationship between height and yield in wheat / C. Law, J. W. Snape, A. J. Worland // Heredity. – 1978. – V. 40. – № 1. – P. 133–151.

341. Lieth, J.H. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide / J.H. Lieth, J.F. Reynolds, H.H. Rogers // Field Crop Res. – 1986. – V. 13. – P. 193–203.

342. Lin, C.S. Stability analysis: Where do we stand / C.S. Lin, M.R. Binns, L.P. Lefkovitch // Crop Science. – 1986. – Vol. 26. – No. 5. – P. 894–900.

343. Lopez Pereira, M. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. II. Phenological development, growth and sours-sink relationship / M. Lopez Pereira, N. Trapani, V.O. Sadras // Field Crop Res. – 1999. – Vol. 63. – No. 3. – P. 247–254.

344. Luedders, V.D. Genetic improvement in the yield of soybean / V.D. Luedders // Crop Science. – 1977. – V. 17. – No. 6. – P. 971–972.

345. Lugg, D.G. A survey of soybean cultivars for variability in specific leaf weight / D.G. Lugg, T.R. Sinclair // *Crop. Science*. – 1979. – V. 19. – P. 887–892.

346. Lupton, F.G.H. Breeding for higher yields / F.G.H. Lupton // *Physiological Aspects Crop Production*. – Bern: Worblaufen, 1980. – P. 27–36.

347. Mahtab, M. Genotype $\times$ environment interaction and stability analysis of soybean genotypes using AMMI and GGE biplot / M. Mahtab, M.A. Rahman, M.M. Hossain // *Journal of Crop Science and Biotechnology*. – 2020. – Vol. 23. – No. 4. – P. 309–318.

348. Matthews, R.B. The physiological basis for yield differences between four genotypes of groundnut (*Arachis hypogaea*) in response to drought. I. Dry matter production and water use / R.B. Matthews, D. Horris, R.C. Rao [et al.] // *Experimental Agriculture*. – 1988. – Vol. 24. – No. 2. – P. 191–202.

349. Meredith, W.R. Potential for increasing cotton yields through enhanced partitioning to reproductive structures / W.R. Meredith, Randy Wells // *Crop Science*. – 1989. – Vol. 29. – No. 3. – P. 636–639.

350. Mohammadi, R. Analysis of genotype $\times$ environment interaction in rain-fed durum wheat of Iran using GGE-biplot and non-parametric methods / R. Mohammadi, A. Amri // *Canadian Journal of Plant Science*. – 2012. – Vol. 92. – No. 5. – P. 757–770.

351. Morrison, M.J. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada / M.J. Morrison, H.D. Voldeng, E.R. Cober // *Agronomy Journal*. – 1999. – V. 91. – Is. 4. – P. 685–689.

352. Morrison, M.J. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada / M.J. Morrison, H.D. Voldeng, E.R. Cober // *Agron. J.* – 2000. – V. 92. – Is. 4. – P. 780–784.

353. Muramoto, H. Relationships among rate of leaf area development, photosynthetic rate and rate of dry matter production among American cottons and other species / H. Muramoto, J.D. Hesketh, M.El-Sharkawy // *Crop Science*. – 1965. – Vol. 5. – P. 163–166.

354. Nascimento, M. Adaptability and stability of soybean genotypes using AMMI and GGE biplot analyses / M. Nascimento, M.M. Rocha, A.K.F. Nascimento // *Agronomy Journal*. – 2020. – Vol. 112. – No. 1. – P. 1–10.
355. Nelson, R.L. Response to selection for time of flowering on soybean / Nelson R.L. // *Crop Science*. – 1988. – Vol. 28. – No. 4. – P. 623–626.
356. Ojima, M. Studies on the seed production of soybean. 5. Varietal differences in photosynthetic rate of soybean / M. Ojima, R. Kawashima // *Proc. Crop Sci. Soc. Jap.* – 1968. – Vol. 37. – P. 667–675.
357. Olivoto, T. MGIDI: A novel multi-trait index for genotype selection in plant breeding / T. Olivoto, M. Nardino // *Bioinformatics*. – 2020. – <https://doi.org/10.1101/2020.07.23.217778>.
358. Qin, X. Changes in yield and agronomic traits of soybean cultivars released in China in the last 60 years / X. Qin, F. Feng, D. Li [et al.] // *Crop Pasture Sci.* – 2017. – V. 68. – P. 973–984.
359. Raikova, G. Study of correlation structure of some quantitative characters in triticale / G. Raikova, P. Batevska // *Докл. Болг. АН*. – 1997. – Vol. 50, № 9–10. – С. 101–104.
360. Ramteke, R. Genetic progress of soybean varieties released during 1969 to 2008 in India / R. Ramteke, G.K. Gupta, P. Murlidharan [et al.] // *Indian J. Genet. Plant Breed.* – 2011. – V. 71. – P. 330–340.
361. Randall, P.I. Critical values for sulfur in young plants of oilseed rape (*Brassica napus* L.) determined with reference to dry weight, leaf area and specific leaf weight / P.I. Randall, Q. Wang, P.I. Hocking [et al.] // *Plant nutrition for sustainable food production and environment: Proc. of the XIII Intern. Plant Nutrition Colloquium*, 13–19 September 1997, Tokyo, Japan.
362. Regan, L.D. Potential for increasing early vigour and total biomass in spring wheat. II. Characteristics associated with early vigour / L.D. Regan, K.H.N. Siddique, N.C. Turner [et al.] // *Austral J. Agr. Res.* – 1992. – Vol. 43. – No. 3. – P. 541–553.

363. Richards, R.A. Manipulation of leaf area and its effect on grain yield in droughted wheat / R.A. Richards // *Australian Journal of Agricultural Research*. – 1983. – Vol. 34. – No. 1. – P. 23–31.

364. Rincker, K. Genetic improvement of US soybean in maturity groups II, III, and IV / K. Rincker R. Nelson, J. Specht et al. // *Crop Sci.* – 2014. – V. 54. – P. 1419–1432.

365. Rogers, J. Agronomic performance and genetic progress of selected historical soybean varieties in the southern USA / J. Rogers, P. Chen, A. Shi et al. // *Plant Breed.* – 2015. – V. 134. – P. 85–93.

366. Romani, M. Intergenotypic competition and border effect in bread wheat and barley / M. Romani, B. Borghi, R. Alberici [et al.] // *Euphytica*. – 1993. – V. 69. – No. 1/2. – P. 19–31.

367. Rosielle, A.A. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments / A.A. Rosielle, J. Hamblin // *Crop Science*. – 1981. – Vol. 21. – No. 6. – P. 943–946.

368. Rozbicki, J. Uwarunkowanie plonu ziarna pszenzyta ozimego przez jego składowe i wybrane cechy botaniczno-rolnicze lanu w warunkach uprawowych i pogodowych / J. Rozbicki, W. Madry // *Biul. Inst. Hod. i Aklim. Rosi.* – 1998. – № 205–206. – C. 195–204.

369. Sagar, P. Phenotypic stability of drought index in pearle millet / P. Sagar, R.L. Kapoor, D.S. Yatasra // *Annals of Arid Zone*. – 1984. – Vol. 23. – No. 3. – P. 207–211.

370. Salado-Navarro, L.R. Comparisons among effective filling period, reproductive period duration, and R5 to R7 in determination soybeans / Salado-Navarro, L.R., Sinclair T.R., Hinson K. // *Crop Science*. – 1985. – Vol. 25. – No. 6. – P. 1050–1054.

371. Samonte, S.O.P.B. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses / S.O.P.B. Samonte, L.T. Wilson, A.M. McClung, J.C. Medley // *Crop Science*. – 2005. – Vol. 45. – No. 6. – P. 2414–2424.

372. Sawicki, O. Sposoby działania genow warunkujacych cechy zwiazane z pkmem nasion grochu / O. Sawicki, L. Boras // *Ogólnopolskie sympozjum «Genetyka*

ilosciowa roslin uprawnych», Ladek Zdroj, 24–26 maja, 1999. – 2000. – № 216, V. 2. – P. 107–115 (чеш.)

373. Schapaugh, W.T. Relationships between harvest indices and other plant characteristics in soybeans / W.T. Schapaugh, J.R. Wilcox // Crop Science. – 1980. – Vol. 20. – No. 4. – P. 529–533.

374. Schulz, W.M. Inter-genotypic competition in soybeans. 1. Evaluation of effects and proposed field plot design / W.M. Schulz, C.A. Brim // Crop Science. – 1967. – V. 7. – No. 4. – P. 371–376.

375. Scott, G. Physiological aspects of yield improvement in soybeans / G. Scott, D.B. Egli, D. A. Reicosky // Agronomy Journal. – 1980. – Vol. 82. – No. 2. – P. 387–391.

376. Setiyono, T.D. Leaf area index simulation in soybean grown under near-optimal conditions / T.D. Setiyono, A. Weiss, J.E. Specht [et al.] // Field Crops Research. – 2008. – V. 108. – P. 82–92.

377. Siddique, K.H.M. Ear: stem ratios in breeding populations of wheat: significance for yield improvement / K.H.M. Siddique, B.R. Whan // Euphytica. – 1993. – Vol. 73. – No. 3. – P. 241–254.

378. Sinclair T.R. Water and nitrogen limitation in soybean grain production. I. Model development / T.R. Sinclair // Field Crop Research. – 1986. – V. 15. – P. 125–141.

379. Singh, M. Genetic variability and path coefficient analysis in advanced generations of bread wheat under rainfed condition / M. Singh, G.B. Swarnkar, L. Prasad // Plant Arch. – 2003. – V. 3, № 1. – P. 89–91.

380. Singh, V.P. Effect of stem termination on some metric traits in faba bean / V.P. Singh, G. Schroeder // Newsletter (International Center Agr. Res. in Dry Areas) Faba Bean Inform. Serv. – Aleppo, 1988. – No. 20. – P. 19–21.

381. Smith, H.A. Discriminant function for plant selection / H.A. Smith // Ann. Eugenics. – 1936. – Vol. 7. – P. 240–250.

382. Specht, J.E. Contribution of genetic technology to soybean productivity – retrospect and prospect / J.E. Specht, J.H. Williams // Genetic contributions to yield gains of five major crop plants. – 1984. – Vol. 7. – P. 49–74.

383. Stoy, V. Photosynthesis, respiration, and carbohydrate accumulation in spring wheat in relation to yield / V. Stoy // *Phys. Plant.* – 1965. – Suppl. 4. – P. 1–125.

384. Tal, M. Genetics of salt tolerance in higher plants: theoretical and practical considerations / M. Tal // *Plant and Soil.* – 1985. – Vol. 89. – No. 1/3. – P. 199–226.

385. Tardieu F. Modeling leaf expansion in a fluctuating environment: are changes in specific leaf area a consequence of changes in expansion rate / F. Tardieu, C. Granier, B. Muller // *New Phytol.* – 1999. – V. 143. – P. 33–43.

386. Todeschini, M.H. Soybean genetic progress in South Brazil: physiological, phenological and agronomic traits / M.H. Todeschini // *Euphytica.* – 2019. – Vol. 215. – Art. No. 124.

387. 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.

388. Umburanas, R.C. Changes in soybean cultivars released over the past 50 years in southern Brazil / R.C. Umburanas, J. Kawakami, E.A. Ainsworth [et al.] // *Agricultural and Food Sciences.* – 2022. – V. 12. – Article 508. – DOI: 10.1038/s41598-021-04043-8.

389. Vidal, A. Effet de l'alimentation en eau sur quelques caracteres morphologiques et anatomiques des feuilles de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) / A. Vidal, J.-C. Pognones // *Agronomie.* – 1984. – Vol. 4. – No.10. – P. 967–975.

390. Vidal, A. La resistance a la secheresse du soja I. – Influence d'un deficit hydrique sur la croissance et la production / A. Vidal, D. Arnaudo, M. Arnoux // *Agronomie.* – 1981. – Vol. 1. – No. 4. – P. 295–302.

391. Voldeng, H.D. Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada / H.D. Voldeng, E.R. Cober, D.J. Hume [et al.] // *Crop Science.* – 1997. – V. 37. – Is. 2. – P. 428–431.

392. Wagner, M. Die Ertragsstruktur von Winterweizen im Verlauf von zwei Jahrzehnten unter wechselnden Verhältnissen / M. Wagner // Z. Acker- und Pflanzenbau. – 1971. – Vol. 134. – No. 4. – P. 335–346.

393. Walker, A.K. Yield stability of soybean mixtures and multiple pure stands / A.K. Walker, W.R. Fehr // Crop Science. – 1978. – Vol. 18. – No. 5. – P. 719–723.

394. Watson, D.J. The net assimilation rates of wild and cultivated beets / D.J. Watson, K.J. Wits // Ann. Bot. – 1959. – Vol. 23. – P. 431–439.

395. Watson, D.J. The physiological basis of variation in yield / D.J. Watson // Advan. Agron. – 1952. – Vol. 4. – P. 101–145.

396. Wells, R. Physiological comparisons of two soybean cultivars differing in canopy photosynthesis. II. Variation in specific leaf weight, nitrogen, and protein components / R. Wells, D.A. Ashley, H.R. Boerma [et al.] // Photosynthesis Research. – 1986. – Vol. 9. – P. 295–304.

397. Wenjuan, Y. Behavior of carbohydrates within peanut plant / Wenjuan Yarutp, Mitsuru Hita, Naoya Chishaki, Shunji Inanaga // Soil Set and Plant Nutr. – 2001. – Vol. 47. – No. 1. – P. 45–53 (англ.)

398. Wilcox, J.R. Genetic improvements of soybeans in the Midwest / J.R. Wilcox, W.T. Schapaugh Jr, R.L. Bernard [et al.] // Crop Science – 1979. – V. 19. – P. 803–805.

399. Wricke, G. Über eine Methode zur Erfassung der Okologischen.- Streubreite in Feldversuchen / G. Wricke // Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. – 1962. – Bd. 47. – H. 1. – S. 92–96.

400. Wu, T. Characterizing changes from a century of genetic improvement of soybean cultivars in Northeast China / T. Wu et al. // Crop Sci. – 2015. – V. 55. – P. 2056–2067.

401. Xue, J. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China / J. Xue, H. Liu, H. Wang [et al.] // Field Crops Research. – 2006. – Vol. 96. – No. 2–3. – P. 183–198.

402. Yildirim, M.B. Inheritance of harvest index in A6 x 6 diallel cross population of bread / M.B. Yildirim, N. Budak, Y. Arshad. – 1999. – P. 147–151.

403. Zhang, L.X. Modifications of optimum adaptation zones for soybean maturity groups in the USA / L.X. Zhang, S. Kyei-Boahen, J. Zhang [et al.] // Crop Management. – 2007. – Vol. 6. – No. 1. – P. 1–11.

404. Zin Maw Sun. Relationship between plant height and flowering date in determinate soybean / Zin Maw Sun, L. Nelson Randall // Crop Science. – 1988. – Vol. 28. – No. 1. – P. 27–30.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Погодные условия в годы проведения исследований

А.1 – Среднемесячная температура воздуха, °С (с 2001 г. - ГМС «Круглик», с 2017 г - цифровая метеостанция ВНИИМК)

Годы	Месяцы												среднее за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2001	2,0	2,8	8,8	13,0	15,5	20,4	27,5	25,9	19,3	11,2	7,7	-0,4	12,8
2002	-1,7	6,6	8,7	10,8	17,5	20,9	26,2	21,9	20,2	13,0	8,1	-3,5	12,4
2003	2,0	-1,5	3,0	9,7	20,5	20,7	23,3	24,0	17,4	13,4	6,1	2,6	11,8
2004	4,1	3,8	7,5	11,9	16,6	20,0	22,6	23,5	19,1	12,5	7,5	3,0	12,7
2005	4,5	1,4	2,8	12,9	19,4	20,9	24,7	25,7	20,6	12,4	6,3	5,0	13,1
2006	-5,9	-1,4	7,8	12,7	17,0	23,1	22,8	27,7	19,7	14,1	7,0	2,3	12,2
2007	6,2	1,1	6,4	10,7	20,5	23,4	26,6	27,3	21,4	15,2	5,4	2,0	13,9
2008	-3,9	1,6	9,9	14,6	16,2	21,5	24,5	26,5	18,8	13,6	8,0	1,2	12,7
2009	-0,6	5,4	6,9	10,7	16,1	23,9	25,6	22,2	18,3	16,0	8,5	4,5	13,1
2010	0,1	3,4	5,8	12,2	19,2	24,6	26,8	27,7	21,7	11,5	12	7,2	14,35
2011	-0,1	-1,3	4,6	10,0	17,1	22,6	27,1	23,7	19,4	11,7	1,4	5,7	11,8
2012	-0,2	-5,1	3,1	16,5	21,4	24,7	25,8	25,2	21,3	16,8	8,3	2,3	13,3
2013	4,5	5,8	7,6	14,0	22,0	23,5	24,9	25,2	16,9	11,3	9,0	0,8	13,8
2014	0,9	2,6	8,5	13,1	20,1	22,0	25,4	28,2	19,8	10,9	4,8	4,5	13,3
2015	2,1	3,5	7,5	11,1	18,4	23,0	25,1	28,2	23,2	11,1	9,8	5,6	13,9
2016	0,2	7,1	8,5	14,7	17,7	23,4	25,9	27,0	18,8	10,9	7,0	-1,2	13,3
2017	0,6	1,4	9,0	12,1	17,5	22,0	24,8	26,3	21,3	12,2	6,4	5,2	13,2
2018	1,0	2,7	6,1	13,5	19,1	23,2	26,2	25,4	19,5	13,8	3,6	2,6	13,1
2019	2,7	2,8	6,2	11,9	19,3	25,1	23,0	23,6	18,2	12,9	6,1	3,8	13,0
2020	2,4	4,5	9,7	10,8	17,2	23,6	26,4	24,6	21,7	16,7	6,0	2,3	13,8
2021	1,5	1,1	4,6	12,1	17,9	22,8	27,1	26,6	18,0	11,3	8,3	5,6	13,1

Продолжение приложения А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2022	2,4	5,9	3,6	14,5	16,6	24,1	25,2	27,7	20,3	14,3	8,8	4,5	14,0
2023	1,6	2,1	9,5	13,3	17,5	23,1	26,0	28,2	21,8	15,4	11,3	7,2	14,8
2024	1,5	6,1	7,5	17,1	16,1	24,6	28,2	25,6	22,2	14,2	6,3	3,2	14,4
1925-2024 (100 лет)	-0,6	0,5	4,8	11,9	17,2	21,4	24,0	23,5	18,3	12,0	6,3	1,9	11,8
1995-2024 (30 лет)	1,0	2,6	6,6	12,7	18,1	22,6	25,3	25,2	19,5	12,9	7,0	3,1	13,1
2001-2024 (24 года)	1,2	2,6	6,8	12,7	18,2	22,8	25,5	25,6	20,0	13,2	7,2	3,2	13,2

А.2 – Среднемесячная сумма осадков, мм (с 2001 г. - ГМС «Кругли», с 2017 г - цифровая метеостанция ВНИИМК)

Годы	Месяцы												Сумма осадков за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2001	17,6	110,8	80,8	60,9	143,7	5,9	9,5	37,5	77,8	43,6	96,5	179,4	864,0
2002	96,4	39,2	66,5	32,6	27,6	158,0	107,3	93,6	58,7	51,4	95,1	16,2	842,6
2003	66,2	26,2	41,7	47,8	0,1	13,9	71,7	30,9	101,2	113,6	49,7	78,3	641,3
2004	41,0	86,6	103,8	33,7	27,7	177,6	72,0	68,4	6,3	58,0	79,9	64,6	819,6
2005	46,6	22,6	163,9	50,8	67,6	58,4	67,7	27,5	48,9	69,0	81,5	76,7	781,2
2006	61,1	105,0	21,7	40,7	54,0	72,5	125,3	8,6	27,9	29,2	120,7	35,1	701,8
2007	80,0	61,7	66,1	28,3	19,2	36,2	4,1	32,8	48,9	34,5	82,2	116,9	610,9
2008	14,9	39,5	68,1	55,1	68,5	51,8	46,7	1,0	76,6	27,4	67,3	29,6	546,5
2009	86,7	49	89,2	19,4	92,6	56,9	80,4	11,5	42,1	14	86,3	95,7	723,8
2010	105,2	75,1	106,6	85,2	25,3	93,4	18,8	22,4	17,6	92,3	24,4	99,5	765,8
2011	109,6	65,8	65,9	137,7	107,2	53,5	3,1	80,6	22	75,8	32,1	43,4	796,7
2012	51,9	70,1	50,0	40,6	74,3	14,8	83,4	3,5	27,3	44,9	37,8	75,0	573,6
2013	41,0	34,3	79,8	20,4	17,1	85,6	96,1	34,6	106,6	75,3	35,7	70,8	697,3
2014	107,0	14,7	94,0	17,9	44,8	129,0	51,3	0,0	40,1	77,7	17,0	65,1	658,6
2015	87,1	26,9	42,5	67,5	72,2	144,7	70,8	63,2	8,5	83,1	78,1	52,7	797,3
2016	90,8	47,2	29,2	25,6	62,2	176,1	43,4	27,0	78,3	43,3	93,8	66,4	783,3
2017	21,3	35,0	52,2	43,5	116,0	63,4	86,7	11,2	18,2	68,8	49,9	77,2	643,4
2018	21,0	81,6	150,2	17,6	86,0	11,0	119,2	6,8	80,4	44,8	49,8	71,4	739,8
2019	75,4	27,4	54,8	42,6	67,6	17,4	134,6	57,0	43,8	45,2	16,4	40,6	622,8
2020	64,0	55,0	18,0	4,4	89,0	37,0	105,0	11,0	65,0	17,0	25,0	21,0	511,4
2021	111,3	106,9	55,4	86,0	64,0	126,8	27,0	88,4	81,6	38,8	51,0	41,0	878,2

Продолжение приложения А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2022	166,0	48,0	51,0	24,2	47,8	127,2	62,0	90,2	24,2	26,4	21,0	36,2	724,2
2023	25,6	80,8	47,6	82,0	79,4	72,2	75,6	0,2	4,4	24,4	132,6	67,8	692,6
2024	142,0	43,0	19,0	5,0	64,0	49,0	19,0	16,0	28,0	27,0	78,0	60,0	550,0
1925-2024 (100 лет)	59,4	49,7	52,8	49,8	61,6	74,5	57,4	46,0	40,4	53,5	62,2	69,5	677,0
1995-2024 (30 лет)	69,4	58,9	65,4	47,1	65,9	82,5	63,2	43,4	46,9	57,9	64,9	69,5	734,9
2001-2024 (24 года)	72,1	56,4	67,4	44,6	63,2	76,3	65,9	34,3	47,3	51,1	62,6	65,9	706,9

Приложение Б
Показатели растений сои при различной густоте стояния растений

Б.1 – Фактическая густота стояния растений к уборке сортов

сое разных лет селекции

Сорт	Планируемая густота, тыс.шт./га	Год			% выживаемости
		2003 г.	2004 г.	2003- 2004 гг.	
1	2	3	4	5	6
Кубанская 276	100	59	97	78	78
	300	252	223	238	79
	600	333	275	304	51
Кубанская 4958	100	50	93	72	72
	300	324	300	312	104
	600	374	365	370	62
ВНИИМК 9186	100	68	76	72	72
	300	285	263	274	91
	600	424	427	425	71
ВНИИСК 7	100	62	65	63	63
	300	267	228	248	83
	600	422	363	393	65
Комсомолка	100	59	83	71	71
	300	268	242	255	85
	600	409	443	426	71
ВНИИМК 8	100	67	84	76	76
	300	296	283	290	97
	600	423	410	417	69
Кубань	100	44	96	70	70
	300	251	322	286	95
	600	431	483	457	76
Пламя	100	75	80	78	78
	300	265	273	269	90
	600	476	430	453	76
ВНИИМК 3895	100	64	57	61	61
	300	267	197	232	77
	600	352	310	331	55
ВНИИМК 20	100	62	81	72	72
	300	299	308	304	101
	600	432	412	422	70
Лань	100	70	76	73	73
	300	312	212	262	87
	600	511	368	440	73

Продолжение приложения Б.1

1	2	3	4	5	6
Вилана	100	72	78	75	75
	300	316	248	282	94
	600	518	450	484	81
Рента	100	60	80	70	70
	300	238	262	250	83
	600	418	453	436	73
Среднее	100	62	81	72	72
	300	280	259	269	90
	600	425	399	412	69

Б.2 – Биомасса сортов сои разных лет селекции в зависимости от густоты стояния растений, г/м²

Сорт	2003 г. (100 тыс.шт./га)				2004 г. (100 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кубанская 276	470	585	588	547	705	695	695	774	717
Кубанская 4958	641	544	420	535	903	881	898	811	873
ВНИИМК 9186	603	451	626	560	723	647	745	757	718
ВНИИСК 7	424	547	568	513	779	725	703	684	723
Комсомолка	406	555	654	539	757	845	853	820	818
ВНИИМК 8	375	528	557	487	880	1010	1051	841	946
Кубань	381	473	480	444	735	828	738	770	768
Пламя	450	613	665	576	807	731	903	765	801
ВНИИМК 3895	461	433	383	425	550	593	666	658	617
ВНИИМК 20	587	456	458	500	760	730	658	744	723
Лань	531	483	668	561	610	891	834	745	770
Вилана	488	463	626	525	747	936	723	730	784
Рента	469	437	621	509	814	862	834	779	822
НСР ₀₅	-	-	-	$F_t < F_t$	-	-	-	-	94
Сорт	2003г. (600 тыс.шт./га)				2004 г. (600 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
Кубанская 276	557	607	588	584	737	786	883	823	807
Кубанская 4958	518	578	707	601	643	886	964	948	860
ВНИИМК 9186	602	626	659	629	795	799	813	826	808
ВНИИСК 7	478	575	584	546	833	763	963	894	863
Комсомолка	703	640	563	636	834	902	856	789	845
ВНИИМК 8	656	776	640	691	976	918	1010	1051	989

Продолжение приложения Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кубань	661	612	619	631	820	840	857	871	847
Пламя	464	660	568	564	607	859	832	820	779
ВНИИМК 3895	500	613	495	536	811	860	902	808	846
ВНИИМК 20	525	620	441	529	845	803	747	822	804
Лань	531	632	567	576	840	900	920	943	901
Вилана	554	691	514	586	743	965	1009	950	917
Рента	630	681	559	623	877	934	977	992	945
НСР ₀₅	-	-	-	$F_t < F_t$	-	-	-	-	90
Сорт	2003 г. (300 тыс.шт./га)				2004 г. (300 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
Кубанская 276	505	481	476	487	806	852	759	715	783
Кубанская 4958	554	569	510	544	889	923	1049	912	943
ВНИИМК 9186	523	615	439	526	807	842	818	855	831
ВНИИСК 7	496	481	396	458	734	712	840	843	782
Комсомолка	649	618	532	600	832	871	987	942	908
ВНИИМК 8	733	385	428	515	1022	1118	1117	1089	1087
Кубань	490	470	385	448	808	866	821	823	830
Пламя	533	453	484	490	818	945	949	822	883
ВНИИМК 3895	511	493	413	472	850	801	804	787	811
ВНИИМК 20	449	479	379	436	887	749	824	749	802
Лань	498	563	434	498	816	853	818	695	795
Вилана	513	484	484	494	951	862	960	821	898
Рента	533	439	501	491	991	1000	987	831	952
НСР ₀₅	-	-	-	$F_t < F_t$	-	-	-	-	81

Б.3 – Урожайность семян сортов сои разных лет селекции в зависимости от густоты стояния растений, г/м²

Сорт	2003 г. (100 тыс.шт./га)				2004 г. (100 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кубанская 276	188	228	230	215	314	324	324	370	333
Кубанская 4958	218	174	147	180	393	391	413	350	387
ВНИИМК 9186	235	185	238	219	303	299	360	348	328
ВНИИСК 7	144	186	210	180	308	302	324	309	311
Комсомолка	126	161	157	148	293	339	339	318	322
ВНИИМК 8	135	169	167	157	289	326	353	268	309
Кубань	137	156	144	146	319	365	303	344	333
Пламя	90	147	153	130	257	234	311	247	262
ВНИИМК 3895	175	169	153	166	214	238	285	304	260
ВНИИМК 20	223	178	174	192	322	275	271	332	300
Лань	226	203	274	234	239	368	365	334	327
Вилана	200	213	294	236	321	393	315	344	343
Рента	197	166	298	220	316	352	350	324	336
НСР ₀₅	-	-	-	55	-	-	-	-	44
Сорт	2003 г. (600 тыс.шт./га)				2004 г. (600 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
Кубанская 276	273	273	318	288	264	321	379	356	330
Кубанская 4958	202	237	297	245	295	387	422	433	384
ВНИИМК 9186	244	263	270	259	350	321	353	352	344
ВНИИСК 7	191	230	257	226	337	294	389	382	351
Комсомолка	211	192	169	191	352	328	324	294	325
ВНИИМК 8	210	256	224	230	319	294	366	371	338

Продолжение приложения Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кубань	218	202	223	214	343	333	348	355	345
Пламя	116	165	125	135	193	282	297	271	261
ВНИИМК 3895	175	245	193	204	319	332	354	304	327
ВНИИМК 20	189	254	181	208	320	316	295	368	325
Лань	230	278	255	254	320	355	356	357	347
Вилана	277	311	252	280	299	408	438	394	385
Рента	290	320	257	289	344	373	375	389	370
НСР ₀₅	-	-	-	44	-	-	-	-	45
Сорт	2003 г. (300 тыс.шт./га)				2004 г. (300 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
Кубанская 276	255	233	224	237	344	388	348	319	350
Кубанская 4958	240	245	238	241	431	418	438	369	414
ВНИИМК 9186	245	244	175	221	377	357	388	367	372
ВНИИСК 7	221	205	171	199	308	369	352	367	349
Комсомолка	226	195	152	191	337	339	397	350	356
ВНИИМК 8	277	158	181	205	347	392	372	363	369
Кубань	161	147	138	149	345	349	307	352	338
Пламя	155	133	115	134	252	293	298	250	273
ВНИИМК 3895	191	193	145	176	340	323	336	327	332
ВНИИМК 20	215	194	149	186	363	297	328	318	327
Лань	247	241	189	226	322	353	265	301	310
Вилана	271	248	244	254	416	376	420	375	397
Рента	251	217	232	233	406	432	404	353	399
НСР ₀₅	-	-	-	34	-	-	-	-	36

Б.4 – Уборочный индекс сортов сои разных лет селекции в зависимости от густоты стояния растений

Сорт	2003 г. (100 тыс.шт./га)				2004 г. (100 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кубанская 276	0,40	0,39	0,39	0,39	0,45	0,47	0,47	0,48	0,46
Кубанская 4958	0,34	0,32	0,35	0,34	0,44	0,44	0,46	0,43	0,44
ВНИИМК 9186	0,39	0,41	0,38	0,39	0,42	0,46	0,48	0,46	0,46
ВНИИСК 7	0,34	0,34	0,37	0,35	0,40	0,42	0,46	0,45	0,43
Комсомолка	0,31	0,29	0,24	0,27	0,39	0,40	0,40	0,39	0,39
ВНИИМК 8	0,36	0,32	0,30	0,32	0,33	0,32	0,34	0,32	0,33
Кубань	0,36	0,33	0,30	0,33	0,43	0,44	0,41	0,45	0,43
Пламя	0,20	0,24	0,23	0,23	0,32	0,32	0,34	0,32	0,33
ВНИИМК 3895	0,38	0,39	0,40	0,39	0,39	0,40	0,43	0,46	0,42
ВНИИМК 20	0,38	0,39	0,38	0,38	0,42	0,38	0,41	0,45	0,41
Лань	0,43	0,42	0,41	0,42	0,39	0,41	0,44	0,45	0,42
Вилана	0,41	0,46	0,47	0,45	0,43	0,42	0,44	0,47	0,44
Рента	0,42	0,38	0,48	0,43	0,39	0,41	0,42	0,42	0,41
НСР ₀₅	-	-	-	0,04	-	-	-	-	0,02
Сорт	2003 г. (600 тыс.шт./га)				2004 г. (600 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
Кубанская 276	0,49	0,45	0,54	0,49	0,36	0,41	0,43	0,43	0,41
Кубанская 4958	0,39	0,41	0,42	0,41	0,46	0,44	0,44	0,46	0,45
ВНИИМК 9186	0,40	0,42	0,41	0,41	0,44	0,40	0,43	0,43	0,43
ВНИИСК 7	0,40	0,40	0,44	0,41	0,40	0,39	0,40	0,43	0,41
Комсомолка	0,30	0,30	0,30	0,30	0,42	0,36	0,38	0,37	0,38
ВНИИМК 8	0,32	0,33	0,35	0,33	0,33	0,32	0,36	0,35	0,34

Продолжение приложения Б.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кубань	0,33	0,33	0,36	0,34	0,42	0,40	0,41	0,41	0,41
Пламя	0,25	0,25	0,22	0,24	0,32	0,33	0,36	0,33	0,33
ВНИИМК 3895	0,35	0,40	0,39	0,38	0,39	0,39	0,39	0,38	0,39
ВНИИМК 20	0,36	0,41	0,41	0,39	0,38	0,39	0,39	0,45	0,40
Лань	0,43	0,44	0,45	0,44	0,38	0,39	0,39	0,38	0,39
Вилана	0,50	0,45	0,49	0,48	0,40	0,42	0,43	0,41	0,42
Рента	0,46	0,47	0,46	0,46	0,39	0,40	0,38	0,39	0,39
НСР ₀₅	-	-	-	0,03	-	-	-	-	0,03
Сорт	2003 г. (300 тыс.шт./га)				2004 г. (300 тыс.шт./га)				
	Повторность			Средняя	Повторность				Средняя
	1	2	3		1	2	3	4	
Кубанская 276	0,50	0,48	0,47	0,49	0,43	0,46	0,46	0,45	0,45
Кубанская 4958	0,43	0,43	0,47	0,44	0,48	0,45	0,42	0,40	0,44
ВНИИМК 9186	0,47	0,40	0,40	0,42	0,47	0,42	0,47	0,43	0,45
ВНИИСК 7	0,45	0,43	0,43	0,43	0,42	0,52	0,42	0,44	0,45
Комсомолка	0,35	0,32	0,29	0,32	0,40	0,39	0,40	0,37	0,39
ВНИИМК 8	0,38	0,41	0,42	0,40	0,34	0,35	0,33	0,33	0,34
Кубань	0,33	0,31	0,36	0,33	0,43	0,40	0,37	0,43	0,41
Пламя	0,29	0,29	0,24	0,27	0,31	0,31	0,31	0,30	0,31
ВНИИМК 3895	0,37	0,39	0,35	0,37	0,40	0,40	0,42	0,42	0,41
ВНИИМК 20	0,48	0,41	0,39	0,43	0,41	0,40	0,40	0,42	0,41
Лань	0,50	0,43	0,44	0,45	0,39	0,41	0,38	0,43	0,39
Вилана	0,53	0,51	0,50	0,52	0,44	0,44	0,44	0,46	0,44
Рента	0,47	0,49	0,46	0,48	0,41	0,43	0,41	0,42	0,42
НСР ₀₅	-	-	-	0,04	-	-	-	-	0,03

Приложение В
Характеристики линий, отобранных в селекционном питомнике
по разному сочетанию массы семян и уборочному индексу

Номер делянки 2013 г.	Происхождение	Масса семян, г	Уборочный индекс
1	2	3	4
Скороспелая группа			
1366,1	Л-17 х д-196/08	574	0,46
1366,2	Л-17 х д-196/08	526	0,45
	Ли́ра	-	-
1368,8	Л-17 х д-196/08	518	0,45
1367,8	Л-17 х д-196/08	416	0,46
1373,3	Л-17 х д-196/08	364	0,47
1373,5	Л-17 х д-196/08	444	0,5
	Ли́ра	-	-
1367,1	Л-17 х д-196/08	604	0,41
1368,7	Л-17 х д-196/09	550	0,4
1373,1	Л-17 х д-196/08	646	0,42
1367,6	Л-17 х д-196/08	326	0,37
	Ли́ра	-	-
1369	Л-17 х д-196/08	374	0,4
1369,2	Л-17 х д-196/08	432	0,39
1480,4	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	616	0,51
1483	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	544	0,49
	Ли́ра	-	-
1491,3	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	544	0,51
1464,2	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	402	0,53
1470,1	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	432	0,53
1483,3	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	424	0,52
	Ли́ра	-	-
1486,4	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	460	0,42
1499	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	452	0,39
1510,1	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	478	0,43
1470,7	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	284	0,25
	Ли́ра	-	-
1498	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	312	0,35
1506,3	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	364	0,38
1541,2	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	704	0,45

Продолжение приложения В

1	2	3	4
1569,1	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	626	0,52
	Ли́ра	-	-
1572,4	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	518	0,48
1545,9	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	464	0,48
1572,5	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	484	0,48
1574,1	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	388	0,51
	Ли́ра	-	-
1541,5	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	494	0,4
1542,8	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	516	0,44
1572,8	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	570	0,43
1539,8	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	342	0,44
	Ли́ра	-	-
1541,3	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	474	0,42
1547,6	F6 (Вилана х Юг-30) х F7 (Веста х Лакта)	474	0,43
Раннеспелая группа			
1234,7	Вилана х д-74/08	634	0,43
1239,8	Вилана х д-74/08	640	0,43
	Славия	-	-
1241,9	Вилана х д-74/08	660	0,42
1232,1	Вилана х д-74/08	476	0,43
1233,8	Вилана х д-74/08	456	0,4
1236,4	Вилана х д-74/08	532	0,43
	Славия	-	-
1227,5	Вилана х д-74/08	574	0,39
1240,2	Вилана х д-74/08	528	0,37
1290,3	Вилана х д-74/08	584	0,39
1226,6	Вилана х д-74/08	338	0,34
	Славия	-	-
1238,5	Вилана х д-74/08	506	0,37
1241,1	Вилана х д-74/08	450	0,35
1342,4	Л-17 х Форa	640	0,43
1343,6	Л-17 х Форa	582	0,44
	Славия	-	-
1399,1	Л-17 х Форa	610	0,43
1390,5	Л-17 х Форa	506	0,42
1394,1	Л-17 х Форa	546	0,44

Продолжение приложения В

1	2	3	4
1397,1	Л-17 х Форa	472	0,41
	Славия	-	-
1351	Л-17 х Форa	528	0,38
1389,7	Л-17 х Форa	538	0,38
1404,6	Л-17 х Форa	512	0,39
1389,1	Л-17 х Форa	356	0,32
	Славия	-	-
1389,5	Л-17 х Форa	416	0,35
1393,7(1)	Л-17 х Форa	382	0,38
1472,4	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	560	0,44
1482,4	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	572	0,44
	Славия	-	-
1492,4	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	554	0,45
1474,6	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	458	0,46
1495,2	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	388	0,45
1505,5	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	418	0,44
	Славия	-	-
1461,5	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	500	0,39
1474,5	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	552	0,39
1485,1	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	560	0,39
1461,3	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	416	0,36
	Славия	-	-
1496	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	420	0,37
1496,3	F7 (Л-266 х Л-71) х F7 (Л-266 х Л-71)	464	0,35
Среднеспелая группа			
1193,1	Альба х д-71/07	604	0,43
1193,6	Альба х д-71/07	694	0,41
	Вилана	-	-
1194	Альба х д-71/07	710	0,44
1193	Альба х д-71/07	528	0,41
1193,2	Альба х д-71/07	554	0,41
1191,3	Альба х д-71/07	604	0,43
	Вилана	-	-
1194,6	Альба х д-71/07	568	0,36
1195,1	Альба х д-71/07	610	0,34
1198	Альба х д-71/07	588	0,39

Продолжение приложения В

1	2	3	4
1192,1	Альба х д-71/07	514	0,33
	Вилана	-	-
1192,5(1)	Альба х д-71/07	406	0,35
1193,9	Альба х д-71/07	482	0,33
1234,5	Вилана х д-74/08	632	0,42
1242,2	Вилана х д-74/08	586	0,42
	Вилана	-	-
1292,4	Вилана х д-74/08	712	0,43
1239,5	Вилана х д-74/08	524	0,41
1240,1	Вилана х д-74/08	544	0,41
1293,4	Вилана х д-74/08	504	0,41
	Вилана	-	-
1231,6	Вилана х д-74/08	606	0,38
1233,3	Вилана х д-74/08	604	0,37
1291,9	Вилана х д-74/08	604	0,37
1238,6	Вилана х д-74/08	458	0,37
	Вилана	-	-
1241,2	Вилана х д-74/08	396	0,35
1241,4	Вилана х д-74/08	400	0,35
1313,1	Белогорская х Парма	642	0,42
1319,2	Белогорская х Парма	660	0,43
	Вилана	-	-
1327,6	Белогорская х Парма	758	0,45
1317	Белогорская х Парма	510	0,46
1318,7	Белогорская х Парма	582	0,43
1321,2	Белогорская х Парма	514	0,41
	Вилана	-	-
1318,4	Белогорская х Парма	610	0,39
1326,3	Белогорская х Парма	676	0,4
1326,6	Белогорская х Парма	694	0,38
1321,3	Белогорская х Парма	434	0,35
	Вилана	-	-
1325	Белогорская х Парма	564	0,37
1326,1	Белогорская х Парма	404	0,35

высокий УИ+высокая МС

низкий УИ+высокая МС

высокий УИ+низкая МС

низкий УИ+низкая МС

Приложение Е

Межделяночная конкуренция сортов сои в селекционных питомниках разного типа

Е.1 – Масса семян сорта Лира в зависимости от межделяночной конкуренции на делянках селекционного питомника по типу СП–1 (1 ряд длиной 2,5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Ли́ра	319,6	268,6	377,1	13,57	746,7	651,4	834,3	10,81	0,43	0,41	0,45	3,21
Ли́ра (Славия)	333,7	318,9	366,9	6,73	742,9	720,0	811,4	6,15	0,45	0,44	0,46	1,30
Ли́ра (Вилана)	258,6	238,3	290,3	8,82	659,1	571,4	845,7	14,90	0,44	0,43	0,46	3,13
НСР ₀₅	30,62	-	-	-	78,41	-	-	-	0,01	-	-	-
2018 г.												
Ли́ра	143,6	139,4	147,4	2,55	438,1	411,4	445,7	3,16	0,33	0,31	0,34	2,92
Ли́ра (Славия)	156,2	137,1	176,0	9,9	506,7	434,4	571,4	10,04	0,31	0,27	0,36	9,57
Ли́ра (Вилана)	140,8	132,6	145,1	3,33	493,3	445,7	537,1	5,94	0,29	0,26	0,32	8,05
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	43,23	-	-	-	0,03	-	-	-
2020 г.												
Ли́ра	317,0	296,0	345,1	6,01	760,0	697,1	857,1	9,45	0,42	0,40	0,44	4,14
Ли́ра (Славия)	297,6	269,7	320,0	6,22	699,1	651,4	765,7	6,57	0,43	0,40	0,45	3,89
Ли́ра (Вилана)	257,1	213,7	318,9	15,51	596,2	525,7	742,9	12,86	0,43	0,39	0,47	7,19
НСР ₀₅	37,35	-	-	-	82,75	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Е.2 – Масса семян сорта Лира в зависимости от межделяночной конкуренции на делянках селекционного питомника
по типу СП–2 (2 ряда длиной 2,5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Лира	314,5	258,3	333,1	8,95	732,4	622,9	822,9	8,98	0,43	0,41	0,45	3,95
Лира (Славия)	318,2	309,7	332,0	2,62	713,3	680,0	742,9	3,53	0,45	0,43	0,47	3,19
Лира (Вилана)	312,7	266,9	350,9	9,13	710,5	628,6	800,0	9,26	0,44	0,42	0,46	3,22
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-
2018 г.												
Лира	157,5	149,1	172,0	5,64	502,9	457,1	542,9	5,75	0,31	0,30	0,33	4,60
Лира (Славия)	137,2	124,0	162,9	10,23	452,4	400,0	520,0	11,48	0,30	0,28	0,31	4,43
Лира (Вилана)	148,9	141,1	160,0	5,71	478,1	445,7	525,7	5,89	0,31	0,29	0,34	5,90
НСР ₀₅	12,25	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-
2020 г.												
Лира	299,2	270,3	334,9	8,48	724,8	674,3	800,0	5,76	0,41	0,38	0,44	5,84
Лира (Славия)	297,9	240,0	325,7	10,41	656,2	520,0	742,9	12,53	0,44/0,457	0,43	0,46/0,5	9,72
Лира (Вилана)	279,9	249,7	304,6	6,44	678,1	628,6	800,0	10,13	0,42	0,35	0,46	9,91
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	46,72	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Е.3 – Масса семян сорта Лира в зависимости от межделяночной конкуренции на делянках селекционного питомника
по типу СП–3 (1 ряд длиной 5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Лира	288,7	274,9	310,9	4,61	621,9	600,0	657,1	4,17	0,46	0,45	0,47	2,16
Лира (Славия)	298,3	285,1	310,3	3,58	660,0	634,3	708,6	3,90	0,45	0,44	0,47	2,98
Лира (Вилана)	258,6	238,3	289,7	8,82	585,7	537,1	645,7	7,43	0,44	0,41	0,47	4,73
НСР ₀₅	23,62	-	-	-	43,4	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-
2018 г.												
Лира	167,1	144,0	188,0	9,26	440,0	360,0	485,7	11,29	0,38	0,35	0,41	5,69
Лира (Славия)	140,9	126,9	155,4	8,33	401,0	360,0	440,0	8,04	0,35	0,35	0,36	1,30
Лира (Вилана)	142,4	122,9	189,1	16,77	391,0	331,4	460,0	12,96	0,37	0,30	0,41	12,22
НСР ₀₅	21,91	-	-	-	30,32	-	-	-	0,02	-	-	-
2020 г.												
Лира	228,5	198,9	261,1	8,9	551,4	520,0	600,0	5,63	0,41	0,38	0,44	6,05
Лира (Славия)	221,2	197,7	258,9	10,31	516,2	480,0	594,3	9,15	0,43	0,41	0,46	4,52
Лира (Вилана)	207,8	175,4	239,4	12,99	515,4	468,6	577,1	9,12	0,40	0,37	0,45	8,45
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	31,42	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Е.4 – Масса семян, биомасса и уборочный индекс сорта Славия в зависимости от межделяночной конкуренции
на деланках селекционного питомника по типу СП–1 (1 ряд длиной 2,5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Славия	314,9	283,4	348,6	8,36	781,0	731,4	868,6	7,50	0,40	0,39	0,42	3,29
Славия (Ли́ра)	292,6	264,0	331,4	9,25	742,9	685,7	845,7	8,48	0,39	0,36	0,42	5,37
Славия (Вилана)	294,9	268,6	308,6	4,87	737,1	651,4	777,1	6,34	0,40	0,39	0,42	2,81
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-
2018 г.												
Славия	245,7	205,7	264,0	9,38	664,8	548,6	742,9	9,69	0,37	0,35	0,40	4,80
Славия (Ли́ра)	241,5	226,3	258,3	5,60	716,2	640,0	811,4	9,06	0,34	0,32	0,36	5,04
Славия (Вилана)	238,1	226,3	260,6	5,09	666,7	605,7	777,1	8,85	0,36	0,34	0,39	5,43
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	0,02	-	-	-
2020 г.												
Славия	360,8	323,4	422,9	11,54	904,8	811,4	1028,6	9,83	0,40	0,38	0,41	3,53
Славия (Ли́ра)	378,1	312,0	445,7	12,23	906,7	754,3	1040,0	10,23	0,42	0,38	0,43	4,97
Славия (Вилана)	376,0	320,0	432,0	10,37	916,2	777,1	1108,6	12,90	0,41	0,39	0,44	4,31
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Е.5 – Масса семян, биомасса и уборочный индекс сорта Славия в зависимости от межделяночной конкуренции
на делянках селекционного питомника по типу СП–2 (2 ряда длиной 2,5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Славия	315,8	272,6	369,1	10,15	781,9	691,4	897,1	8,54	0,40	0,39	0,42	2,82
Славия (Ли́ра)	327,2	294,9	336,0	5,06	801,0	685,7	851,4	7,54	0,41	0,40	0,43	2,98
Славия (Вилана)	309,2	279,4	358,3	9,73	757,2	674,3	868,6	10,17	0,41	0,40	0,41	1,60
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-
2018 г.												
Славия	231,4	208,6	254,3	7,57	657,1	542,9	702,9	10,73	0,35	0,32	0,38	5,90
Славия (Ли́ра)	243,7	193,7	292,6	14,92	679,1	508,6	805,7	17,00	0,36	0,34	0,38	3,45
Славия (Вилана)	249,4	229,1	267,4	7,23	708,6	657,1	765,7	5,54	0,35	0,33	0,37	4,14
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-
2020 г.												
Славия	351,2	329,1	390,3	6,49	850,5	777,1	960,0	7,45	0,41	0,39	0,43	3,25
Славия (Ли́ра)	364,7	337,1	386,3	5,58	904,8	857,1	954,3	3,87	0,40	0,38	0,42	3,63
Славия (Вилана)	357,0	315,4	412,6	10,29	877,2	817,1	982,9	6,71	0,42	0,35	0,46	9,91
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Е.6 – Масса семян, биомасса и уборочный индекс сорта Славия в зависимости от межделяночной конкуренции
на делянках селекционного питомника по типу СП–3 (1 ряд длиной 5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Славия	281,5	269,1	299,4	3,66	698,1	662,9	742,9	4,22	0,40	0,39	0,42	2,30
Славия (Лира)	298,3	285,1	310,3	3,58	644,8	605,7	680,0	4,90	0,42	0,40	0,43	3,13
Славия (Вилана)	244,6	228,6	269,1	7,05	616,2	577,1	651,4	4,37	0,40	0,37	0,42	3,81
НСР ₀₅	20,74	-	-	-	45,14	-	-	-	0,01	-	-	-
2018 г.												
Славия	243,1	219,4	272,0	8,9	627,6	582,9	674,3	5,16	0,39	0,36	0,42	4,78
Славия (Лира)	263,7	234,9	280,6	6,65	725,7	651,4	771,4	6,22	0,36	0,33	0,39	6,07
Славия (Вилана)	255,2	229,1	282,3	7,04	661,9	605,7	725,7	6,31	0,39	0,38	0,39	1,73
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	35,84	-	-	-	0,02	-	-	-
2020 г.												
Славия	284,4	254,9	316,6	9,71	681,0	588,6	765,7	8,74	0,42	0,38	0,43	4,57
Славия (Лира)	294,7	280,0	306,9	3,41	696,2	645,7	754,3	6,64	0,42	0,39	0,44	5,05
Славия (Вилана)	284,8	261,1	304,6	5,12	669,5	617,1	720,0	5,70	0,43	0,41	0,45	3,47
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Е.7 – Масса семян, биомасса и уборочный индекс сорта Вилана в зависимости от межделяночной конкуренции
на делянках селекционного питомника по типу СП–1 (1 ряд длиной 2,5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Вилана	313,0	281,1	340,6	7,44	861,0	777,1	971,4	8,51	0,36	0,35	0,38	2,98
Вилана (Ли́ра)	363,2	292,6	425,1	15,95	948,6	777,1	1120,0	15,95	0,38	0,38	0,39	1,67
Вилана	340,4	291,4	385,1	10,93	906,7	777,1	1017,1	10,10	0,38	0,37	0,39	1,97
НСР ₀₅	34,91	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	0,01	-	-	-
2018 г.												
Вилана	192,6	154,3	222,9	11,84	674,3	617,1	742,9	7,29	0,29	0,25	0,31	9,59
Вилана (Ли́ра)	216,4	172,6	235,4	11,02	838,1	788,6	885,7	4,22	0,26	0,22	0,28	8,02
Вилана	183,6	168,0	196,6	6,62	752,4	640,0	822,9	9,91	0,25	0,22	0,31	12,98
НСР ₀₅	23,06	-	-	-	63,68	-	-	-	0,03	-	-	-
2020 г.												
Вилана	371,8	309,7	426,3	11,61	1017,1	834,3	1222,9	12,73	0,37	0,32	0,40	8,02
Вилана (Ли́ра)	396,2	331,4	499,4	14,02	1133,3	971,4	1360,0	11,38	0,35	0,33	0,37	4,14
Вилана	367,8	342,9	395,4	5,56	1076,2	1028,6	1188,6	5,39	0,34	0,33	0,37	4,99
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	80,48	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Е.8 – Масса семян, биомасса и уборочный индекс сорта Вилана в зависимости от межделяночной конкуренции
на делянках селекционного питомника по типу СП–2 (2 ряда длиной 2,5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Вилана	313,9	285,1	337,7	5,66	880,0	794,3	937,1	6,02	0,36	0,34	0,37	3,07
Вилана (Ли́ра)	346,6	325,7	364,6	4,77	928,1	845,7	971,4	5,80	0,37	0,36	0,39	2,77
Вилана (Славия)	341,5	320,0	353,1	3,74	915,2	874,3	954,3	3,19	0,37	0,37	0,38	1,93
НСР ₀₅	19,32	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	0,01	-	-	-
2018 г.												
Вилана	199,7	175,4	211,4	6,62	694,8	640,0	742,9	5,43	0,29	0,27	0,31	5,19
Вилана (Ли́ра)	181,6	160,0	212,6	11,05	755,7	728,6	814,3	4,11	0,24	0,22	0,28	9,23
Вилана (Славия)	207,1	182,3	230,9	9,31	730,5	657,1	800,0	6,52	0,28	0,25	0,30	6,85
НСР ₀₅	20,02	-	-	-	33,66	-	-	-	0,02	-	-	-
2020 г.												
Вилана		326,9	396,6	7,33	1050,5	937,1	1160,	7,67	0,35	0,34	0,37	3,48
Вилана (Ли́ра)	369,9	313,1	399,4	8,00	1036,2	977,1	1085,	3,90	0,36	0,32	0,38	5,91
Вилана (Славия)	358,9	334,3	398,3	6,31	1018,1	988,6	1074,	2,96	0,35	0,34	0,37	4,22
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Е.9 – Масса семян, биомасса и уборочный индекс сорта Вилана в зависимости от межделяночной конкуренции
на делянках селекционного питомника по типу СП–3 (1 ряд длиной 5 м)

Сорт	Масса семян, г/м ²				Биомасса, г/м ²				Уборочный индекс			
	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %	Среднее	min	max	Cv, %
2017 г.												
Вилана	265,2	240,0	288,6	7,69	749,5	657,1	828,6	8,12	0,35	0,33	0,37	5,16
Вилана (Ли́ра)	283,9	214,3	333,7	15,01	760,0	600,0	874,3	12,77	0,37	0,35	0,39	4,20
Вилана (Славия)	283,0	264,0	308,6	5,76	777,2	754,3	828,6	3,57	0,36	0,35	0,38	3,17
НСР ₀₅	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-
2018 г.												
Вилана	208,2	172,0	241,7	12,76	661,9	577,1	754,3	9,06	0,32	0,25	0,35	10,75
Вилана (Ли́ра)	263,2	232,0	312,6	10,87	843,8	782,9	914,3	7,16	0,31	0,27	0,34	8,11
Вилана (Славия)	214,6	168,6	279,4	20,54	746,7	634,3	891,4	12,65	0,28	0,23	0,35	16,37
НСР ₀₅	33,92	-	-	-	48,52	-	-	-	0,02	-	-	-
2020 г.												
Вилана	274,7	253,1	310,3	7,60	782,9	720,0	857,1	7,72	0,35	0,33	0,36	3,60
Вилана (Ли́ра)	293,3	262,3	314,9	6,31	827,6	765,7	891,4	6,73	0,35	0,34	0,37	3,56
Вилана (Славия)	265,4	237,7	284,0	5,84	737,6	654,1	794,3	7,07	0,36	0,34	0,38	4,10
НСР ₀₅	19,49	-	-	-	40,40	-	-	-	F _f <F _t	-	-	-

Приложение Ж

Вклад краевых растений в показатели продуктивности

Ж.1 – Масса семян сорта Дельта с деленок разного размера с краевым эффектом и без его влияния, 2004 г.

Тип деланки	Площадь деланки, м ²	Масса семян с деланки, г	Масса семян с 1 м ² , г	Вклад крайних растений в массу семян с деланки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевым эффектом	1,35	657,5	487,0	245,0	37,3	245,0	181,5
Без краевого эффекта		412,5	305,6	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевым эффектом	2,7	1258,8	466,2	436,3	34,7	218,2	161,6
Без краевого эффекта		822,5	304,6	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевым эффектом	4,05	1871,7	462,1	643,3	34,4	214,4	158,5
Без краевого эффекта		1228,3	303,2	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевым эффектом	6,75	3083,3	456,8	1018,3	33,0	203,4	150,9
Без краевого эффекта		2065	305,9	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевым эффектом	2,25	1066,3	473,9	215	20,2	215,0	95,6
Без краевого эффекта		851,3	378,4	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевым эффектом	4,5	2066,3	459,2	361,3	17,5	180,7	80,3
Без краевого эффекта		1705	378,9	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевым эффектом	6,75	2905	430,4	430,0	14,8	143,3	63,7
Без краевого эффекта		2475	366,7	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевым эффектом	11,25	5081,7	451,7	890,0	17,5	178,0	79,1
Без краевого эффекта		4191,7	372,6	-	-	-	-

Ж.2 – Масса семян сорта Дельта с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния, 2005 г.

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ² , г	Вклад крайних растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевым эффектом	1,35	326,7	242	28,0	8,7	28,0	20,7
Без краевого эффекта		298,7	221,3	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевым эффектом	2,7	681	252,2	160,0	23,5	80,0	59,3
Без краевого эффекта		521	193,0	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевым эффектом	4,05	928	229,1	286,5	30,9	95,5	70,7
Без краевого эффекта		641,5	158,4	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевым эффектом	6,75	1601	237,2	423,0	26,4	84,6	62,7
Без краевого эффекта		1178	174,5	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевым эффектом	2,25	584	259,6	56,7	9,7	56,7	25,2
Без краевого эффекта		527,3	234,4	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевым эффектом	4,5	1241,0	250,0	232,5	10,4	116,3	54,7
Без краевого эффекта		1008,5	224,1	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевым эффектом	6,75	1881,5	278,7	572,5	30,4	190,8	84,8
Без краевого эффекта		1309	193,9	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевым эффектом	11,25	2840	252,4	690,0	24,3	138,0	61,3
Без краевого эффекта		2150	191,1	-	-	-	-

Ж.3 – Биомасса сорта Дельта с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния, 2004 г.

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ² , г	Вклад крайних растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевым эффектом	1,35	1405	1040,7	510,0	36,3	510,0	377,8
Без краевого эффекта		895	663,0	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевым эффектом	2,7	2580	955,6	725,0	28,1	362,5	268,5
Без краевого эффекта		1855	687,0	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевым эффектом	4,05	3976,7	981,9	1320,0	33,2	440,0	325,9
Без краевого эффекта		2656,7	656,0	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевым эффектом	6,75	6773,3	1003,5	2000,0	29,5	400,0	296,3
Без краевого эффекта		4773,3	707,2	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевым эффектом	2,25	2252,5	1001,1	442,5	19,6	442,5	196,7
Без краевого эффекта		1810	804,4	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевым эффектом	4,5	4415	981,1	662,5	15,0	332,3	147,2
Без краевого эффекта		3752,5	827,9	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевым эффектом	6,75	6593,3	976,8	963,3	14,6	321,1	142,7
Без краевого эффекта		5630	834,1	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевым эффектом	11,25	11090	985,8	1343,3	12,1	268,7	119,4
Без краевого эффекта		9746,7	866,4	-	-	-	-

Ж.4 – Биомасса сорта Дельта с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния, 2005 г.

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ² , г	Вклад крайних растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевым эффектом	1,35	750	555,6	110,0	14,7	110,0	81,5
Без краевого эффекта		640	474,1	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевым эффектом	2,7	1345	498,1	240,0	17,8	120,0	88,9
Без краевого эффекта		1105	409,3	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевым эффектом	4,05	2025	500	655,0	32,3	218,3	161,7
Без краевого эффекта		1370	338,3	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевым эффектом	6,75	3490	517,0	925,0	26,5	185,0	185,0
Без краевого эффекта		2565	380	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевым эффектом	2,25	1316,7	585,2	173,3	13,2	173,3	77,0
Без краевого эффекта		1143,3	508,1	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевым эффектом	4,5	2765	614,4	630,0	22,8	315,0	140,0
Без краевого эффекта		2136	474,7	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевым эффектом	6,75	3760	557	995,0	26,5	331,7	147,4
Без краевого эффекта		2765	409,6	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевым эффектом	11,25	6100	542,2	1595,0	26,1	319,0	141,8
Без краевого эффекта		4505	400,4	-	-	-	-

**Ж.5 – Уборочный индекс сорта Дельта с делянок разного размера
с краевым эффектом и без его влияния, 2004 г.**

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Уборочный индекс	Уборочный индекс крайних растений
3 м 1 ряд			
С краевым эффектом	1,35	0,47	0,48
Без краевого эффекта		0,46	-
3 м 2 ряда			
С краевым эффектом	2,7	0,49	0,60
Без краевого эффекта		0,44	-
3 м 3 ряда			
С краевым эффектом	4,05	0,47	0,49
Без краевого эффекта		0,46	-
3 м 5 рядов			
С краевым эффектом	6,75	0,46	0,51
Без краевого эффекта		0,43	-
5 м 1 ряд			
С краевым эффектом	2,25	0,47	0,49
Без краевого эффекта		0,47	-
5 м 2 ряда			
С краевым эффектом	4,5	0,47	0,55
Без краевого эффекта		0,45	-
5 м 3 ряда			
С краевым эффектом	6,75	0,44	0,45
Без краевого эффекта		0,44	-
5 м 5 рядов			
С краевым эффектом	11,25	0,46	0,66
Без краевого эффекта		0,43	-

**Ж.6 – Уборочный индекс сорта Дельта с деленок разного размера
с краевым эффектом и без его влияния, 2005 г.**

Тип деланки	Площадь деланки, м ²	Уборочный индекс	Уборочный индекс крайних растений
3 м 1 ряд			
С краевым эффектом	1,35	0,43	0,25
Без краевого эффекта		0,47	-
3 м 2 ряда			
С краевым эффектом	2,7	0,51	0,67
Без краевого эффекта		0,47	-
3 м 3 ряда			
С краевым эффектом	4,05	0,46	0,44
Без краевого эффекта		0,47	-
3 м 5 рядов			
С краевым эффектом	6,75	0,46	0,46
Без краевого эффекта		0,46	-
5 м 1 ряд			
С краевым эффектом	2,25	0,44	0,33
Без краевого эффекта		0,46	-
5 м 2 ряда			
С краевым эффектом	4,5	0,45	0,37
Без краевого эффекта		0,47	-
5 м 3 ряда			
С краевым эффектом	6,75	0,50	0,58
Без краевого эффекта		0,47	-
5 м 5 рядов			
С краевым эффектом	11,25	0,47	0,43
Без краевого эффекта		0,48	-

Ж.7 – Масса семян сорта Вилана с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния, 2004 г.

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ²	Вклад крайних растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевым эффектом	1,35	637,5	472,2	230,0	36,1	230,0	170,4
Без краевого эффекта		407,5	301,9	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевым эффектом	2,7	1278,8	473,6	458,8	35,9	229,4	169,9
Без краевого эффекта		820	303,7	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевым эффектом	4,05	1921,7	474,5	865,0	45,0	288,3	213,6
Без краевого эффекта		1056,7	260,9	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевым эффектом	6,75	3085	457,0	1153,3	37,4	230,7	170,9
Без краевого эффекта		1931,7	286,2	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевым эффектом	2,25	1027,5	456,7	210,0	20,4	210,0	93,3
Без краевого эффекта		817,5	363,3	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевым эффектом	4,5	2073,8	460,8	507,5	24,5	253,8	112,8
Без краевого эффекта		1566,3	348,1	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевым эффектом	6,75	3100	459,3	743,3	24,0	247,8	110,1
Без краевого эффекта		2356,7	349,1	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевым эффектом	11,25	5143,3	457,2	1353,3	26,3	270,7	120,3
Без краевого эффекта		3790	336,9	-	-	-	-

Ж.8 – Масса семян сорта Вилана с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния, 2005 г.

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ²	Вклад крайних растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевым эффектом	1,35	379	280,7	86,0	22,7	86,0	63,7
Без краевого эффекта		293	217,0	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевым эффектом	2,7	689	255,2	115,0	16,7	57,5	42,6
Без краевого эффекта		574	212,6	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевым эффектом	4,05	1306	322,5	450,0	34,5	150,0	111,1
Без краевого эффекта		856	211,4	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевым эффектом	6,75	2051,5	303,9	440,0	21,4	88,0	65,2
Без краевого эффекта		1611,5	238,7	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевым эффектом	2,25	664	295,1	7,0	1,1	7,0	3,1
Без краевого эффекта		657	292,0	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевым эффектом	4,5	1127	250,4	6,0	0,5	3,0	1,3
Без краевого эффекта		1121	249,1	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевым эффектом	6,75	2053,5	304,2	195,5	9,5	65,2	29,0
Без краевого эффекта		1858	275,3	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевым эффектом	11,25	3343	297,2	313,0	9,4	62,6	27,8
Без краевого эффекта		3030	269,3	-	-	-	-

Ж.9 – Биомасса сорта Вилана с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния, 2004 г.

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ²	Вклад крайних растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевым эффектом	1,35	1362,5	1009,3	470,0	34,5	470,0	348,1
Без краевого эффекта		892,5	661,1	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевым эффектом	2,7	2650	981,5	830,0	31,3	415,0	307,4
Без краевого эффекта		1820	674,1	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевым эффектом	4,05	4013	990,9	1590,0	39,6	530,0	392,6
Без краевого эффекта		2423	598,3	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевым эффектом	6,75	6670	988,1	2370,0	35,5	474,0	351,1
Без краевого эффекта		4300	637,0	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевым эффектом	2,25	2195	975,6	387,5	17,7	387,5	172,2
Без краевого эффекта		1807,5	803,3	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевым эффектом	4,5	4367,5	970,6	920,0	21,1	460,0	204,4
Без краевого эффекта		3447,5	766,1	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевым эффектом	6,75	6753,3	1000,5	1453,3	21,5	484,4	215,3
Без краевого эффекта		5300	785,2	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевым эффектом	11,25	11333,3	1007,4	2483,3	21,9	496,7	220,7
Без краевого эффекта		8850	786,7	-	-	-	-

Ж.10 – Биомасса сорта Вилана с делянок разного размера с краевым эффектом и без его влияния, 2005 г.

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Масса семян с делянки, г	Масса семян с 1 м ²	Вклад крайних растений в массу семян с делянки			
				г	%	на 1 ряд	на 1 м ²
3 м 1 ряд							
С краевым эффектом	1,35	805	596,3	145,0	18,0	145,0	107,4
Без краевого эффекта		660	488,9	-	-	-	-
3 м 2 ряда							
С краевым эффектом	2,7	1395	516,7	200,0	14,3	100,0	74,1
Без краевого эффекта		1195	442,6	-	-	-	-
3 м 3 ряда							
С краевым эффектом	4,05	2640	651,9	850,0	32,2	283,3	209,9
Без краевого эффекта		1790	442,0	-	-	-	-
3 м 5 рядов							
С краевым эффектом	6,75	4040	598,5	680,0	16,8	136,0	100,7
Без краевого эффекта		3360	497,8	-	-	-	-
5 м 1 ряд							
С краевым эффектом	2,25	1392,5	618,9	32,5	2,3	32,5	14,4
Без краевого эффекта		1360	604,4	-	-	-	-
5 м 2 ряда							
С краевым эффектом	4,5	2435	541,1	65,0	2,7	32,5	14,4
Без краевого эффекта		2370	526,7	-	-	-	-
5 м 3 ряда							
С краевым эффектом	6,75	4510	668,1	540,0	12,0	180,0	80,0
Без краевого эффекта		3970	588,1	-	-	-	-
5 м 5 рядов							
С краевым эффектом	11,25	7210	640,9	825,0	11,4	165,0	73,3
Без краевого эффекта		6385	567,6	-	-	-	-

**Ж.11 – Уборочный индекс сорта Вилана с делянок разного размера
с краевым эффектом и без его влияния, 2004 г.**

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Уборочный индекс	Уборочный индекс крайних растений
3 м 1 ряд			
С краевым эффектом	1,35	0,47	0,49
Без краевого эффекта		0,46	-
3 м 2 ряда			
С краевым эффектом	2,7	0,48	0,55
Без краевого эффекта		0,45	-
3 м 3 ряда			
С краевым эффектом	4,05	0,48	0,54
Без краевого эффекта		0,44	-
3 м 5 рядов			
С краевым эффектом	6,75	0,46	0,49
Без краевого эффекта		0,45	-
5 м 1 ряд			
С краевым эффектом	2,25	0,47	0,54
Без краевого эффекта		0,45	-
5 м 2 ряда			
С краевым эффектом	4,5	0,47	0,55
Без краевого эффекта		0,45	-
5 м 3 ряда			
С краевым эффектом	6,75	0,46	0,51
Без краевого эффекта		0,44	-
5 м 5 рядов			
С краевым эффектом	11,25	0,45	0,54
Без краевого эффекта		0,43	-

**Ж.12 – Уборочный индекс сорта Вилана с делянок разного размера
с краевым эффектом и без его влияния, 2005 г.**

Тип делянки	Площадь делянки, м ²	Уборочный индекс	Уборочный индекс крайних растений
3 м 1 ряд			
С краевым эффектом	1,35	0,47	0,59
Без краевого эффекта		0,44	-
3 м 2 ряда			
С краевым эффектом	2,7	0,49	0,58
Без краевого эффекта		0,48	-
3 м 3 ряда			
С краевым эффектом	4,05	0,49	0,53
Без краевого эффекта		0,48	-
3 м 5 рядов			
С краевым эффектом	6,75	0,51	0,65
Без краевого эффекта		0,48	-
5 м 1 ряд			
С краевым эффектом	2,25	0,48	0,22
Без краевого эффекта		0,48	-
5 м 2 ряда			
С краевым эффектом	4,5	0,46	0,09
Без краевого эффекта		0,47	-
5 м 3 ряда			
С краевым эффектом	6,75	0,46	0,36
Без краевого эффекта		0,47	-
5 м 5 рядов			
С краевым эффектом	11,25	0,46	0,38
Без краевого эффекта		0,47	-

Ж.13 – Урожайность, масса семян и уборочный индекс скороспелых сортов сои
убранных с краевыми растениями и без них, 2020 г.

Номер делянки	Происхождение	По типу СП 1 ряд 5 м			Урожайность семян в контрольном питомнике, т/га
		биомасса, г	масса семян, г	уборочный индекс	
1	2	3	4	5	6
2338/11*	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1660	670	0,40	3,00
2338/12**	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1180	486	0,41	
2338/21	Славия × Чара	1480	608	0,41	2,55
2338/22	Славия × Чара	1480	672	0,45	
2338/31	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Л-791/13	1440	652	0,45	2,54
2338/32	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Л-791/13	1360	590	0,43	
2338/41	Олимпия × Л-381/12 (Славия × Д-126)	1620	780	0,48	2,8
2338/42	Олимпия × Л-381/12 (Славия × Д-126)	1440	658	0,46	
2338/51	Славия × Чара	1580	656	0,42	3,17
2338/52	Славия × Чара	1020	452	0,44	
2338/61	Славия × Чара	1420	562	0,40	2,6
2338/62	Славия × Чара	1300	514	0,40	
2338/71	Олимпия × Славия	1320	628	0,48	2,89
2338/72	Олимпия × Славия	1260	578	0,46	
2338/81	Олимпия × Л-381/12 (Славия × Д-126)	1620	748	0,46	3,18
2338/82	Олимпия × Л-381/12 (Славия × Д-126)	1340	628	0,47	
2338/91	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Л-791/13	1460	668	0,46	2,69
2338/92	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Л-791/13	1340	618	0,46	
2338/101	Олимпия × Л-458/11 (Альба×Кубанская 276)	1440	568	0,39	3,25
2338/102	Олимпия × Л-458/11 (Альба×Кубанская 276)	1600	722	0,45	

Продолжение приложения Ж.13

1	2	3	4	5	6
2339/11	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Л-791/13	1500	676	0,45	3,24
2339/12	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Л-791/14	1400	646	0,46	
2339/21	Славия х Сепия А02	1160	512	0,44	2,58
2339/22	Славия х Сепия А03	1180	552	0,47	
2339/31	Д- 74/03 х Д- 11/03 х Дива х РВФ	1820	764	0,42	3,49
2339/32	Д- 74/03 х Д- 11/03 х Дива х РВФ	1360	594	0,44	
2339/41	(Aldana х Дельта) х (Aldana х Дельта)	1480	636	0,43	3,56
2339/42	(Aldana х Дельта) х (Aldana х Дельта)	1600	704	0,44	
2339/51	Д- 74/03 х Д- 11/03 х Дива х РВФ	1640	702	0,43	3,3
2339/52	Д- 74/03 х Д- 11/03 х Дива х РВФ	1580	668	0,42	
2339/61	без надписи 1 срок	1440	572	0,40	3,03
2339/62	без надписи 1 срок	1200	480	0,40	
2339/71	Славия × Чара	1300	486	0,37	2,92
2339/72	Славия × Чара	1240	482	0,39	
2339/81	Олимпия × Л-458/11 (Альба×Кубанская 276)	1560	630	0,40	3,51
2339/82	Олимпия × Л-458/11 (Альба×Кубанская 276)	1440	640	0,44	
2339/91	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Л-791/13 размн. 2014	1200	472	0,39	3,06
2339/92	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Л-791/13 размн. 2015	1420	612	0,43	
2339/101	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Вилана	1340	526	0,39	3,27
2339/102	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Вилана	1540	614	0,40	

* 2338/11 – убран весь ряд ** 2338/12 – убран ряд без краевых растений

Ж.14 – Урожайность, масса семян и уборочный индекс раннеспелых сортов сои
убранных с краевыми растениями и без них, 2020 г.

Номер делянки	Происхождение	По типу СП 1 ряд 5 м			Урожайность семян в контрольном питомнике, т/га
		биомасса, г	масса семян, г	уборочный индекс	
1	2	3	4	5	6
2340/11*	Олимпия × Дельта	1420	642	0,45	3,77
2340/12**	Олимпия × Дельта	1300	600	0,46	
2340/21	Л-14/12 х Д - 361	1300	536	0,41	3,39
2340/22	Л-14/12 х Д - 362	1200	528	0,44	
2340/31	Олимпия × Дельта	1520	662	0,44	3,39
2340/32	Олимпия × Дельта	1500	632	0,42	
2340/41	Л - 568 х Л - 262	1520	652	0,43	3,36
2340/42	Л - 568 х Л - 263	1280	536	0,42	
2340/51	Славия × Чара	1640	668	0,41	3,84
2340/52	Славия × Чара	1380	566	0,41	
2340/61	Олимпия × Славия	1380	556	0,40	3,11
2340/62	Олимпия × Славия	1260	516	0,41	
2340/71	Олимпия × Славия	1520	620	0,41	3,29
2340/72	Олимпия × Славия	1200	472	0,39	
2340/81	Л - 568 х Кубанская 276	1680	646	0,38	2,99
2340/82	Л - 568 х Кубанская 277	1140	426	0,37	
2340/91	Олимпия × Дельта	1860	778	0,42	3,11
2340/92	Олимпия × Дельта	1620	698	0,43	

Продолжение приложения Ж.14

1	2	3	4	5	6
2340/101	Славия × Чара	1420	508	0,36	3,29
2340/102	Славия × Чара	1260	486	0,39	
2341/11	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1560	686	0,44	2,89
2341/12	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1320	592	0,45	
2341/21	Олимпия × Дельта +Олимпия × Славия, смесь	1320	562	0,43	3,48
2341/22	Олимпия × Дельта +Олимпия × Славия, смесь	1320	590	0,45	
2341/31	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1460	670	0,46	3,27
2341/32	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1420	606	0,43	
2341/41	Л - 568 х Л-14/12 (Л-6 х Куб. 276)	1360	588	0,43	3,54
2341/42	Л - 568 х Л-14/12 (Л-6 х Куб. 276)	1200	504	0,42	
2341/51	Олимпия × Л-381/12 (Славия × Д-126)	1440	640	0,44	3
2341/52	Олимпия × Л-381/12 (Славия × Д-126)	1280	562	0,44	
2341/61	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1480	660	0,45	3,08
2341/62	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1320	568	0,43	
2341/71	Олимпия × Л-381/12 (Славия × Д-126)	1540	702	0,46	3,44
2341/72	Олимпия × Л-381/12 (Славия × Д-126)	1520	672	0,44	
2341/81	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1620	702	0,43	3,28
2341/82	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1300	608	0,47	
2341/91	Олимпия × Славия	1520	694	0,46	3,02
2341/92	Олимпия × Славия	1240	592	0,48	
2341/101	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1580	738	0,47	3,18
2341/102	Славия × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1080	498	0,46	

* 2340/11– убран весь ряд ** 2340/12 – убран ряд без краевых растений

Ж.15 – Урожайность, масса семян и уборочный индекс среднераннеспелых сортов сои
убранных с краевыми растениями и без них, 2020 г.

Номер делянки	Происхождение	По типу СП 1 ряд 5 м			Урожайность семян в контрольном питомнике, т/га
		биомасса, г	масса семян, г	уборочный индекс	
1	2	3	4	5	6
2342/11*	Олимпия × Славия	1920	806	0,42	3,00
2342/12**	Олимпия × Славия	1480	560	0,38	
2342/21	Вилана × F1Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	1480	558	0,38	2,76
2342/22	Вилана × F1Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	1880	656	0,35	
2342/31	Вилана × F1Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	1360	494	0,36	2,68
2342/32	Вилана × F1Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	1700	646	0,38	
2342/41	Вилана × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1340	528	0,39	3,02
2342/42	Вилана × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1420	574	0,40	
2342/51	Вилана × F1Д-2349/14 (Д-568/12 × Селекта 302)	1600	656	0,41	2,35
2342/52	Вилана × F1Д-2349/14 (Д-568/12 × Селекта 302)	1360	514	0,38	
2342/61	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1760	694	0,39	3,77
2342/62	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1200	468	0,39	
2342/71	Вилана × F1Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	1680	638	0,38	2,28
2342/72	Вилана × F1Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	1660	638	0,38	
2342/81	Вилана × F1Д-2345/14 (Д-247/12 б × Олимпия)	1740	678	0,39	3,32
2342/82	Вилана × F1Д-2345/14 (Д-247/12 б × Олимпия)	1340	524	0,39	
2342/91	Вилана × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1540	650	0,42	2,51
2342/92	Вилана × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	2140	840	0,39	

Продолжение приложения Ж.15

1	2	3	4	5	6
2342/101	Л - 568 х Л-14/12 (Л-6 х Куб. 276)	1500	566	0,38	2,46
2342/102	Л - 568 х Л-14/12 (Л-6 х Куб. 276)	1400	538	0,38	
2343/11	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1620	660	0,41	3,11
2343/12	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1040	426	0,41	
2343/21	Олимпия × Дельта	1640	628	0,38	2,77
2343/22	Олимпия × Дельта	1460	588	0,40	
2343/31	Вилана × F1Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	1700	634	0,37	3,04
2343/32	Вилана × F1Д-2350/14 (Д-568/12 × Кубанская 276)	1060	390	0,37	
2343/41	Вилана × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1360	498	0,37	2,59
2343/42	Вилана × F1Д-2347/14 (Д-568/12 × Д-262/14)	1520	602	0,40	
2343/51	Олимпия × Дельта	1200	504	0,42	2,65
2343/52	Олимпия × Дельта	1320	526	0,40	
2343/61	Д-579/12 × Д-381/12	1440	590	0,41	3,44
2343/62	Д-579/12 × Д-381/13	1260	510	0,40	
2343/71	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Вилана	1560	594	0,38	3,08
2343/72	Л-273/13 (Славия×Вилана) × Вилана	1400	552	0,39	
2343/81	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1500	570	0,38	3,67
2343/82	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1560	638	0,41	
2343/91	Олимпия × Кубанская 276	1260	562	0,45	3,03
2343/92	Олимпия × Кубанская 276	1500	694	0,46	
2343/101	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1720	718	0,42	3,41
2343/102	Вилана × F1Д-2356/14 (Д-568/12 б × F1 Д-2197/13)	1780	720	0,40	

* 2342/11 – убран весь ряд ** 2342/12 – убран ряд без краевых растений

Приложение 3
Копии патентов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 4925

Соя
Glycine max (L.) Merr.

СЛАВИЯ

Патентообладатель
ГНУ ВНИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМ. В.С.ПУСТОВОЙТА РАСХН

Авторы -
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
КОЧЕТУРА АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
МИРОШНИЧЕНКО МАРИНА ВАЛЕРЬЕВНА
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САВЕЛЬЕВ АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 9359832 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 06.12.2006 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 26.10.2009 г.

Председатель 
В.В. Шмаль



Зем. 99-6120, МТ Госзнак

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 6899

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ЧАРА

Патентообладатель

ГНУ ВНИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМ. В.С.ПУСТОВОЙТА РАСХН

Авторы -

БУДИНОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ДЯКОВ АЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
КОЧЕГУРА АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
ЛУЧНИНСКИЙ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САВЕЛЬЕВ АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ
ТРУПОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 9052927 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 07.12.2009 г
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 14.05.2013 г.

Председатель

В.М. Попов

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 8522

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ОЛИМПИА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ВНИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ВАЙЛОВА АЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
КОЧЕГУРА АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ТКАЧЕВА АНТОНИНА АЛЕКСАНДРОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8654040 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 20.11.2013 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 16.06.2016 г.

Председатель

В.С. Волощенко

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 9847

Соя
Glycine max (L.) Merr.

СЕЛЕНА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ВНИИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ВАЙЛОВА АЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
КОЧЕГУРА АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ТКАЧЕВА АНТОНИНА АЛЕКСАНДРОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА

ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8456967 с датой приоритета 16.11.2015 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 07.09.2018 г.

Врио председателя

Д.И. Паснеков

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 10235

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ИРБИС

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ВАЙЛОВА АЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ОЛЕЙНИК ВИКТОР ИГНАТЬЕВИЧ
ТКАЧЕВА АНТОНИНА АЛЕКСАНДРОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8355366 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 10.11.2016 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 22.04.2019 г.

Врио председателя

О.С. Лесных

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 10236

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ПУМА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ВАЙЛОВА АЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
КОЧЕГУРА АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ТКАЧЕВА АНТОНИНА АЛЕКСАНДРОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8355367 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 10.11.2016 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 22.04.2019 г.

Врио председателя

О.С. Лесных

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 11247

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ВИТА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ВАЛНОВ ФАНИС ФААТОВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ТКАЧЕВА АНТОНИНА АЛЕКСАНДРОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8261470 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 14.11.2017 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 16.09.2020 г.

Врио председателя

О.С. Лесных

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ
НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ
№ 11248

Соя
Glycine max (L.) Merr.

БАРС

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ОЛЕЙНИК ВИКТОР ИГНАТЬЕВИЧ
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТКАЧЕВА АНТОНИНА АЛЕКСАНДРОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРЬЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8261471 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 14.11.2017 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 16.09.2020 г.

Врио председателя

О.С. Лесных

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 11568

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ИНЕЙ

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТКАЧЕВА АНТОНИНА АЛЕКСАНДРОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРЬЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8153248 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 09.10.2018 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 06.04.2021 г.

Председатель

М.Ю. Александров

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 12170

Соя
Glycine max (L.) Merr.

БАРГУЗИН

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

ФГБУН СИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ РАСТЕНИЙ
СО РАН

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ДОРОФЕЕВ НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
КАТЫШЕВА НАТАЛЬЯ БАЙРОВА
ЛУКОМЕЦ АРТЕМ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ПОМОРЦЕВ АНАТОЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8057389 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 14.08.2019 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 25.04.2022 г.

Президент

 М.Ю. Александров

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 12261

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ВИЛАНА БЕТА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 8057390 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 16.08.2019 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 17.06.2022 г.

Председатель

М.Ю. Александров

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 12990

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ГРЕЯ

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
ЛУКОМЕЦ АРТЕМ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7953323 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 24.08.2020 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 27.07.2023 г.

Председатель

 М.Ю. Александров

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 12991

Соя
Glycine max (L.) Merr.

САЯНА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

ФГБУН СИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ РАСТЕНИЙ
СО РАН

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ДОРОФЕЕВ НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
КАТЫШЕВА НАТАЛЬЯ БАИРОВНА
ЛУКОМЕЦ АРТЕМ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
ПОМОРЦЕВ АНАТОЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7953358 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 03.09.2020 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 27.07.2023 г.

Председатель

 М.Ю. Александров

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 12992

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ТРИАДА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7953322 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 24.08.2020 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 27.07.2023 г.

Председатель

М.Ю. Александров

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 13560

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ЛЮБАВА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРЬЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7852759 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 30.08.2021 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 25.04.2024 г.

Врио председателя

А.В. Куликов

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 13561

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ЕЛИСЕЙ

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУБНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА
БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРЬЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7852760 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 30.08.2021 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 25.04.2024 г.

Врио председателя

А.В. Куликов

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 13997

Соя
Glycine max (L.) Merr.

РЫСЬ

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7754562 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 18.08.2022 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 30.06.2025 г.

Врио председателя

Д.В. Бутусов

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ

НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 13998

Соя
Glycine max (L.) Merr.

ЗАБАВА

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

ФГБУН САМАРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РАН

Авторы -

БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
БУЛАНОВА КСЕНИЯ АЛЕКСАНДРОВНА
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
КАТЮК АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ
МОШЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7754592 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 06.09.2022 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 30.06.2025 г.

Врио председателя

Д.В. Бутусов

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 13999

Соя
Glycine max (L.) Merr.

МАМОНТ

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

БУДНИКОВ ЕВГЕНИЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МОШНЕНКО ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА
САЕНКО ГАЛИНА МИХАЙЛОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7754758 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 04.10.2022 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 30.06.2025 г.

Врио председателя

Д.В. Бутусов

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

ПАТЕНТ НА СЕЛЕКЦИОННОЕ ДОСТИЖЕНИЕ

№ 14000

Соя
Glycine max (L.) Merr.

СЕБУР

Патентообладатель

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР 'ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ИМЕНИ
В.С.ПУСТОВОЙТА'

Авторы -

ЗАЙЦЕВ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ
ЗЕЛЕНЦОВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ
МАЦОЛА НАТАЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА
ТРУНОВА МАРИНА ВАЛЕРИЕВНА
УСТАРХАНОВА ЭЛЬМИРА ГЕРЕЕВНА
ФРОЛОВ СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ
ЧЕРЕЗОВ РОМАН НИКОЛАЕВИЧ



ВЫДАН ПО ЗАЯВКЕ № 7754772 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 07.10.2022 г.
ОПИСАНИЕ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ОБЪЕМ ОХРАНЫ, ПРИЛАГАЕТСЯ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕЕСТРЕ
ОХРАНЯЕМЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ 30.06.2025 г.

Врио председателя

Д.В. Бутусов