

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Лебкова

На правах рукописи

ЛЕБКОВА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА

**ОСОБЕННОСТИ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРНОЙ
ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ
ПРИ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ**

Специальность 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

Мария Петровна Мирошникова,

кандидат сельскохозяйственных наук

Орел
2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ФАСОЛЬ ОБЫКНОВЕННАЯ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ (обзор литературы).....	13
1.1 Ареал распространения и история происхождения.....	13
1.2 Биологические и морфологические особенности.....	18
1.3 Болезни и вредители.....	30
1.4 Фотосинтез и фотопотенциал.....	31
2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	34
2.1 Почвенно-климатическая характеристика Орловской области.....	34
2.2 Метеорологические условия в годы проведения опытов.....	35
2.3 Объект, методы и методика исследования.....	38
3 ОСОБЕННОСТИ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЬЯ ПРИ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ (результаты исследования).....	42
3.1 Особенности роста и развития фасоли обыкновенной в условиях Орловской области.....	42
3.1.1 Морфологические отличия и биологические свойства сортов фасоли обыкновенной отечественной селекции разных лет создания и районирования.....	46
3.1.2 Формирование основных элементов продуктивности, урожайности семян и показателей технологичности.....	55
3.1.3 Анализ коэффициентов экологической пластичности сортов по урожайности семян.....	66
3.1.4 Биохимический состав семян.....	69
3.2 Оценка сортообразцов фасоли коллекции ВИР по хозяйственно-ценным признакам.....	72
3.2.1 Продолжительность фенофаз и периода вегетации	72
3.2.2 Анализ основных элементов семенной продуктивности и показателей технологичности.....	76
3.3 Обоснование критериев количественных и качественных признаков для создания высокоурожайных сортов фасоли обыкновенной зернового использования.....	85
3.3.1 Характеристика сортов фасоли с комплексом хозяйственно-ценных признаков.....	88
3.3.2 Экономическая эффективность выращивания фасоли обыкновенной.....	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	93

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	96
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	113
А Показатели технологичности однофазной уборки семян фасоли обыкновенной.....	114
Б Показатели перспективного высокопродуктивного сорта фасоли обыкновенной зернового использования по основным элементам семенной продуктивности и технологичности.....	114
В Продолжительность фенофаз и периода вегетации фасоли обыкновенной.....	116
Г Качество семян фасоли обыкновенной.....	117
Д Авторские свидетельства на сорта фасоли обыкновенной.....	119
Е Акт внедрения результатов исследования.....	122

ВВЕДЕНИЕ

Фасоль обыкновенная – одна из самых распространенных продовольственных культур в мире, по популярности занимает второе место после сои, общая площадь посевов в мире около 27 млн. га. Является одной из ключевых продовольственных и кормовых культур в Центральной и Южной Америке, а также в Африке. Среди возделываемых зернобобовых культур, белок фасоли обыкновенной по аминокислотному составу наиболее близок к мясному с содержанием белка в семенах от 16 до 32% и практически полностью усваивается организмом человека, поэтому культура представляет интерес в качестве источника доступного растительного, легко усвояемого белка, микроэлементов и минеральных веществ, в рационе человека и животных. Кроме того, за счет симбиотической азотфиксации, растения фасоли обыкновенной, как и других зернобобовых культур, обогащают почву доступными формами азота, поэтому фасоль считается хорошим предшественником для большей части культур севооборота, способствуя получению экологически чистого конечного продукта растениеводства (Зотиков В. И., 2018).

Несмотря на то, что фасоль – теплолюбивая культура, ареал ее возделывания в России достаточно широк: Северный, Северо-Западный, Центральный, Волго-Вятский регионы, Центрально-Черноземная область, а также Северо-Кавказский, Средне-Волжский, Нижне-Волжский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский и Дальневосточный регионы (<https://reestr.gossortrf.ru/sorts/>). Этого удалось достичь благодаря использованию в производстве раннеспелых среднеранних и среднеспелых (вегетационный период 60-90 дней), пластичных, высокотехнологичных сортов (детерминантные растения с компактной формой куста, высотой 45-75 см с высотой прикрепления нижнего боба 12-25 см), пригодных к уборке прямым комбайнированием, таких, как сорта зерновой фасоли: Рубин, Шоколадница, Стрела, Маркиза (селекции ФГБНУ ФНЦ ЗБК), Хабаровская (селекция ФГБУН «ХФИЦ ДВО РАН» и ФГБНУ ФНЦ ЗБК), сорт Южанка (ФГБНУ «ФНЦ РИС»), сорта Омская

Юбилейная, Лукерья, Физкультурница (ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина») и других, допущенных к использованию во всех зонах возделывания культуры (<https://reestr.gossortrf.ru/search/>).

На долю всего производства зернобобовых культур в Российской Федерации около 74% приходится на горох, 7% – занимает люпин, 6 % – производство вики и лишь 2% – приходится на фасоль (Зотиков В. И., 2017). В 2015 году посевные площади фасоли обыкновенной в Российской Федерации составили около 5000 га (Казыдуб Н. Г., 2017; 2022). По состоянию на 2022 сложно сказать точно, какое количество посевных площадей в Российской Федерации занято под фасолью обыкновенной. Проблема связана с тем, что фермеры крайне редко предоставляют данные о количестве ее посевов в своих хозяйствах. Известно, что в 2020 году общий размер посевных площадей по всем полевым культурам в России составлял 79 629,7 тыс. га, из них 1,7% – горох и 0,8% под прочими зернобобовыми культурами, куда входят посевы фасоли обыкновенной. (<https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-po-kulturam-v-2020-godu-lidery-po-prirostu-i-sokrascheniyu>).

Зерно и лопатка фасоли обыкновенной используются в пищевой промышленности для изготовления консервов, замороженных лопаток овощной фасоли и овощных смесей. В личных хозяйствах фасоль используют для приготовления супов, вторых блюд и салатов. Также развивается новое направление: мука из семян фасоли используется как компонент хлебобулочных и кондитерских изделий, для улучшения их качества и питательных свойств (Колмаков Ю.В., 2013; Коцарева Н.В., 2015; Плетнева М.М., 2019).

В настоящее время импорт фасоли в Российской Федерации составляет 75% от общего потребления (Зотиков В.И., 2020). Чтобы в полной мере удовлетворить потребность производства в семенах культуры, нужно не только увеличивать объем их производства, но и постоянно обновлять и расширять разнообразие сортов фасоли обыкновенной (Иванкин А.П., 2018; Якубенко О.Е., 2020).

Актуальность темы. Из-за изменений климата в сторону повышения температуры и аридности, а также все чаще возникающих экстремальных явлений, усиливается потребность в новых высокоадаптивных продуктивных сортах зернобобовых культур, в том числе и фасоли. Для удовлетворения потребности в необходимом количестве белка, потребляемого на душу населения, целесообразно расширять разнообразие отечественных сортов зернобобовых, что позволит заместить долю импортных сортов отечественными, адаптированными к агроклиматическим условиям регионов нашей страны, обеспечивающих высокую урожайность и удовлетворяющих требованиям производства и потребительского рынка (Тутельян В.А, 2016; Зотиков В.И., 2020).

При решении поставленной задачи необходимо учитывать множество факторов: почвенно-климатические условия региона, морфобиологические особенности культуры, адаптационную пластичность сортов, изучаемых для обоснования параметров высокопродуктивного, технологичного, устойчивого к абиотическим и биотическим стрессорам перспективного сорта. Для ускорения селекционного процесса по созданию новых адаптивных сортов необходимо разработать оптимальное соотношение параметров количественных признаков для перспективного сорта, отвечающего агроэкологическим условиям рекомендуемых зон возделывания культуры.

Основными направлениями селекции зерновой фасоли обыкновенной являются – высокая продуктивность семян, раннеспелость, технологичность. Высокотехнологичные сорта позволяют в значительной мере снижать потери урожая при уборке, способствуют увеличению валового сбора зерна. В связи с этим, разрабатывая параметры перспективного сорта, необходимо включать показатели, влияющие на их технологичность.

Степень разработанности темы исследования. Вопросам создания исходного материала и сортов фасоли обыкновенной с высокими показателями продуктивности, технологичности, устойчивости к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды посвящены научные труды отечественных и

зарубежных ученых: Н.Г. Казыдуб, Н.В. Коцаревой, М.А. Вишняковой, В.К. Базарнова, М.М. Плетневой, В.Н. Зайцева, Е.М. Лисицына М.П. Мирошниковой, M.T. Mmbaga, S. P. Singh, A. Van Schoonhoven и других.

Цель исследования – провести анализ фенотипического разнообразия сортообразцов фасоли обыкновенной разных годов создания и районирования отечественной селекции и коллекции ВИР по основным количественным признакам. Выделить источники высокой семенной продуктивности и технологичности. Разработать прогнозируемые критерии показателей для сорта с высокой семенной продуктивностью. Создать сорта фасоли обыкновенной с комплексом хозяйственно-ценных признаков.

Задачи исследования:

1. Оценить морфологические особенности и свойства сортов фасоли обыкновенной.
2. Определить фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза растений фасоли обыкновенной.
3. Провести оценку элементов структуры семенной продуктивности и их вклада в формировании урожая.
4. Проанализировать коэффициенты экологической пластичности и стабильности сортов.
5. Оценить коллекционные сортообразцы и выделить источники хозяйственно-ценных признаков.
6. Определить оптимальное сочетание критериев количественных и качественных признаков исходного материала для создания высокоурожайного сорта.

Научная новизна. Впервые осуществлено сравнительное изучение фасоли обыкновенной по комплексу хозяйственных признаков, с градацией сортов отечественной селекции по годам создания и районирования.

Выявлены особенности формирования продуктивности, урожайности, биохимического состава семян, структурных показателей фотосинтезирующих органов, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза.

Проведен анализ коэффициентов экологической пластичности и стабильности по урожайности сортов.

Выделены источники высокой семенной продуктивности и технологичности.

На основании выявленных закономерностей, разработаны критерии показателей элементов семенной продуктивности и технологичности для высокопродуктивного сорта фасоли обыкновенной зернового использования.

Выведены три сорта фасоли обыкновенной зернового использования с высокой продуктивностью семян.

Теоретическая и практическая значимость работы. На основании теоретических и методических проработок определены критерии для нового сорта фасоли обыкновенной зернового использования: по продолжительности периода вегетации, основным элементам семенной продуктивности и показателям высокой технологичности с потенциальным уровнем урожая семян – 4,00-4,50 т/га. Выделены и рекомендованы источники хозяйственно-ценных признаков для увеличения разнообразия исходного материала. С участием автора созданы три сорта фасоли обыкновенной зернового использования: Стрела, Хабаровская, Купава.

Методология и методы исследования. Научные методы основываются на системном и комплексном подходах к решению поставленной задачи научного обоснования критериев для создания высокопродуктивного сорта фасоли обыкновенной. Методической базой послужили труды отечественных и зарубежных ученых по теоретическим вопросам в области селекции и семеноводства (М.П. Мирошникова, Т.В. Буравцева, В.И. Зотикова, А.В. Амелина, Н.Г. Казыдуб и др.).

Для проведения исследований использовались полевые и лабораторные методы изучения сортообразцов фасоли обыкновенной зернового использования. Учеты и наблюдения осуществлялись по общепринятым, утвержденным методикам. Анализ полученных данных проведен с применением статистических методов исследования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Мониторинг сортов отечественной селекции разных годов создания и районирования фасоли обыкновенной по комплексу хозяйственно-ценных признаков, сопряженных с урожайностью семян.
2. Оценка коллекции по показателям продуктивности и технологичности для увеличения объема нового исходного материала.
3. Рекомендованные критерии отбора по количественным и качественным признакам для создания высокопродуктивного сорта фасоли обыкновенной зернового использования.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность результатов исследований обеспечивается шестилетними полевыми исследованиями с использованием общепринятых методик и подтверждается оценкой полученных данных дисперсионным и корреляционным анализами.

Основные положения диссертационной работы и результаты исследования были изложены на следующих конференциях:

II этап межвузовского регионального конкурса научных работ среди студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященного развитию идей Н.И. Вавилова (Орел, 2012);

стендовый доклад на II Среднерусском экономическом форуме (Курск, 2013);

Международная конференция молодых ученых и специалистов «Инновационная привлекательность производства зернобобовых и крупяных культур» с 11 по 12 октября в ГНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур (Орел, 2013);

Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Фундаментальные основы управления продукционным процессом для повышения экономической и энергетической эффективности АПК» ФГНУ ФГНЦ ЗБК (Орел, 2018);

Международная научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства» (Орел, 2019);

Региональная научной конференции Орловского отделения общества физиологов растений России «Экологическая физиология растений и молекулярные механизмы адаптации» в ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. Институт естественных наук и биотехнологии. Кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений (Орел, 2020);

Международная научно-практическая онлайн-конференция молодых ученых и специалистов: «Роль молодых ученых в решении актуальных проблем сельского хозяйства: тенденции, инновации и перспективы» (Орел, 2020);

Всероссийская научно-практическая онлайн-конференции молодых ученых и специалистов «Молодые ученые и инновационная сельскохозяйственная наука» (Орел, 2021);

Международная научно-практическая онлайн-конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы и инновационные направления развития АПК глазами молодых ученых» (Орел, 2021);

Международная научная конференция «Развитие селекции и семеноводства зерновых зернобобовых и крупяных культур в условиях импортозамещения» (Орел, 2022);

Региональная научная онлайн-конференции Орловского отделения общества физиологов растений России «Физиология растений – методологическая основа растениеводства» в ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. Институт естественных наук и биотехнологии. Кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений (Орел, 2023);

Международная научно-практическая конференция «Цифровые технологии как элемент платформенных решений научного и технологического обеспечения растениеводства», дня поля и ярмарки сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, проводимых в рамках «Аграрная неделя Орловской области 2023» (Орел, 2023).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе работ в изданиях, индексируемых в информационной базе Scopus – 1, 11 – в рецензируемых научных изданиях, включая 3 патента на селекционные достижения:

- патент № 8430 – фасоль обыкновенная Стрела (авторское свидетельство № 63172, Приложение Д);

- патент № 11221 – фасоль обыкновенная Хабаровская (авторское свидетельство № 77887, Приложение Д);

- патент № 12909 – фасоль обыкновенная Купава (авторское свидетельство № 84824, Приложение Д);

в прочих изданиях – 4.

Сорта Стрела и Хабаровская включены в Государственный реестр селекционных достижений и допущены к использованию во всех 12-ти регионах РФ, сорт Купава – в 5-м регионе РФ (ЦЧР).

Личный вклад автора. Полевые и лабораторные опыты проведены соискателем на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур». Исследования, анализ литературных источников, статистическая обработка полученных результатов выполнена соискателем самостоятельно.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность главному научному сотруднику – члену корреспонденту РАН, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Владимиру Ивановичу Зотикову, кандидатам сельскохозяйственных наук Марии Петровне Мирошниковой, Александру Михайловичу Задорину, Сергею Васильевичу Бобкову, Надежде Олеговне Костико-

вой, а также коллективу лаборатории селекции зернобобовых культур ФГБНУ ФНЦ ЗБК за помощь и поддержку при выполнении диссертационной работы.

Дальнейшие перспективы разработки темы. На основании разработанных критериев показателей сорта фасоли обыкновенной для селекции на высокую семенную продуктивность и технологичность, а также оценки коллекционных сортообразцов, будет продолжена работа по увеличению объема исходного материала и на его основе получение сортов с комплексом полезных хозяйственных признаков.

Структура и объем диссертации. Работа изложена на 122 страницах, включает 28 таблиц, 15 рисунков, 6 приложений, состоит из 3 глав, выводов, списка литературы и приложений. 128 источников, в том числе 47 - на иностранном языке.

1. ФАСОЛЬ ОБЫКНОВЕННАЯ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ (обзор литературы)

1.1 Ареал распространения и история происхождения

Род *Phaseolus* объединяет по разным данным от 50 до 80 видов растений различного происхождения, в том числе диких представителей рода, из которых лишь пять видов имеют важное экономическое значение для человека (Purseglove J.W., 1968; Freytag and Debouck, 2002; Bailey, 1975; Porch et al., 2013). Эти пять видов относятся к двум основным группам в зависимости от центра происхождения: азиатской и американской группам (Асаналиев А.Ж., 2014; Казыдуб Н.Г., 2017). Из Американской группы наиболее широко распространены виды рода *Phaseolus*: *Phaseolus vulgaris* L. – фасоль обыкновенная, фасоль лимская (*Ph. lunatus*), фасоль многоцветковая (*Ph. coccineus*), и фасоль остролистная, или тепари (*Ph. acutifolius*) (Асаналиев, А.Ж., 2014; Казыдуб Н.Г., 2022). К наиболее широко распространенным, возделываемым азиатским видам из подтрибы *Phaseolinae*, относятся виды рода *Vigna*: фасоль золотистая (маш), (*Vigna aurea* Piper), рисовая фасоль (*Vigna calcaratus* Roxb), урд (*Vigna mungo* L.), фасоль угловатая (адзуки) (*Vigna angularis* Wight), а также рода *Phaseolus* - фасоль аконитолистная или мотт (*Phaseolus aconitifolius* Tasg.), Ямайская фасоль (*Phaseolus semierectus* L.) и фасоль трехлопастная (*Phaseolus trilobus* Ait) (Иванов Н.Р., 1961; Стаканов Ф.С., 1986; Асаналиев А.Ж., 2014). В мире в большей степени распространены виды американского происхождения, большая часть мирового производства приходится на вид фасоли обыкновенная (*Ph. vulgaris* L.).

Считается, что окультурирование фасоли обыкновенной происходило параллельно в двух независимых центрах происхождения: в Центральной Америке (Мексика, Венесуэла) и в Андах (в Южном Перу и на Северо-западе Аргентины) по мнению западных исследователей от 11 до 7 тысяч лет назад, что подтверждалось первыми археологическими находками, сделанными в конце 19 ве-

ка Wittmack в Перу и Юго-западе соединенных Штатов Америки (Вавилов Н.И., 1922; VanSchoonhovenA, 1991; Rendón-Anayaetal, 2017; Вишнякова М.А., 2014; Миюц О.А., 2020; Казыдуб Н.Г., 2022). Под действием эволюционных сил (мутации, миграции генов, естественного отбора), а также под действием искусственного отбора, из диких форм *Phaseolus vulgaris L.*, появились современные, отличающиеся от предковых на морфологическом, физиологическом и генетическом уровнях. Однако, несмотря на достаточно древний возраст археологических находок, семена и сохранившиеся остатки ископаемых растений, позволяют судить о внешнем виде одомашненных форм фасоли обыкновенной – в древние времена фасоль обыкновенная мало отличалась от современной разнообразием морфотипов, формы и цветов семян.

Промежуточных форм, позволивших бы судить о процессе формообразования фасоли обыкновенной под действием искусственного отбора, проводимого древними фермерами в процессе окультуривания, до сих пор не встречалось, поэтому остается открытым вопрос, каким путем шло окультуривание фасоли в древности. Возможно, отсутствие диких форм на местах раскопок древних индейских городов говорят о том, что первые попытки окультуривания были сделаны еще до возникновения больших поселений (Иванов Н.Р. 1961; Van Schoonhoven A., 1991).

Дикие формы фасоли представлены многолетними лианами, длина которых может превышать 15 метров (García, E.H. et al 1997; Innes Gonzales Torres R., 2004; Миюц О. А., 2020).

Замечены некоторые особенности в массе 1000 семян между образцами двух центров происхождения. Образцы из Центральной Америки чаще мелкие (масса 1000 семян менее 250 г) или среднего размера семена (масса 1000 семян 250-400 г). Андские образцы имеют крупные семена (масса 1000 семян более 400 г), Также фасоль из разных центров происхождения отличается типом фазеолина (запасного белка фасоли) (Van Schoonhoven A., 1991).

На сегодняшний день дикие представители фасоли обыкновенной встречаются в Мексике, Гондурасе, Сальвадоре, Никарагуа, а также очень редко в Панаме. Предпочитают произрастать в субгумидном климате горных лесов на средней высоте. Являются традиционными спутниками в посевах кукурузы, на кофейных плантациях, иногда встречаются в городах. Представляют собой многолетние или однолетние лианы. В настоящее время дикорастущие формы фасоли обыкновенной находятся под угрозой вымирания из-за ускоренной урбанизации и использования гербицидов в посевах кукурузы (Purseglove J.W., 1968).

Существующие в настоящее время дикие виды относятся к Мезоамериканскому пулу генов, что подтверждается биохимическими анализами: похожий тип изозимов, запасного белка фазеолина и анализом ДНК в семенах, взятых у разных по географическому происхождению образцов. Дикие формы фасоли обыкновенной демонстрируют высокую степень полиморфизма. Благодаря сравнению генетической структуры дикорастущих и современных сортовых форм фасоли, было выявлено, что в результате искусственного отбора были утрачены 13 аллелей генов (Purseglove J.W., 1968; Acosta-Diaz et al., 2015).

Есть мнение, что первичный центр происхождения находился на территории Мезоамерики, в пользу чего говорят опубликованные в 2012 исследования группы ученых генетиков, сделанных под руководством Роберто Папа в *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Предположение Papa et al. базируется на исследовании нуклеотидных последовательностей пяти различных диких и культурных форм (Бадина Г.В., 1958; Bitocchi E., 2012; Казыдуб Н.Г., 2022). Изучались и сравнивались образцы из Анд, Мезоамерики, а также дикорастущие растения, найденные между Перу и Эквадором. Одной из целей исследования являлось географическое определение направления распространения генов. Было сделано предположение, что дикие предшественники современных культурных форм первоначально произрастали на территории Мезоамерики, а затем распространились в Эквадор и Колумбию, и уже позже в Анды. Процесс доместификации фасоли обыкновенной начался в обоих центрах

происхождения, Андах и Мезоамерике, независимо и параллельно друг другу (Papa R., 2003; Singh S.P., 2010; Bitocchi E., 2012; Weller J. L., 2019).

Дикие представители вида *Ph. vulgaris* L. обладают рядом интересных особенностей: представляют собой индетерминантные растения многолетние (двулетние), реже однолетние лианы с большим числом ветвей, тройчатосложных листьев с мелкими листовыми пластинами и цветами, собранными в кисть. Несмотря на большую длину стебля, неограниченную способность к росту и ветвлению, у диких растений количество продуктивных узлов небольшое (Singh S.P., 1991; Van Schoonhoven A., 1991; Mmbaga M.T, 1992). Цветение начинается в сухой и теплый сезон и продолжается вплоть до наступления влажного сезона, к началу которого образуется множество мелких бобов. В сезон дождей, сопровождающийся похолоданием, начинается созревание бобов. В этот период может наблюдаться утолщение и одревеснение стебля (если температура воздуха опускается ниже 5°C (Van Schoonhoven A., 1991; Singh S.P., 2010; Mmbaga M.T, 1992). При этом цветение продолжается, но в меньшем объеме. К началу теплого сезона мелкие бобы созревают и начинают растрескиваться у цветоножки и выбрасывают семена из боба (García E.H. et al 1997).

Так как дикие и культурные формы являются представителями одного биологического вида, в результате гибридизации с дикими растениями из обоих центров происхождения было получено жизнеспособное потомство, дающее F₁ и F₂ (García E.H. et al, 1997; Ines Gonzales Torres R., 2004; Казыдуб Н.Г, 2022). Дикие формы устойчивы к ряду грибковых и бактериальных заболеваний, а также некоторым вредителям; гибридизация с дикими представителями вида фасоли обыкновенной, потенциально могла бы позволить частично решить проблему устойчивости к ряду инфекций у культурных видов (García E.H., 1997; Ines Gonzales Torres R., 2004; Singh S.P., 2010).

При сравнении признаков диких представителей вида и современных культурных можно определить, в каком направлении осуществлялся искусственный отбор в процессе одомашнивания *P. vulgaris* L. За тысячи лет отбора у

фасоли обыкновенной увеличился размер бобов и семян, сильно снизилась рас- трескиваемость зрелых бобов (у современных сортов, она крайне мала); повы- силась мясистость бобов у овощных сортов; улучшилась проницаемость семен- ной оболочки, для воды, что привело к увеличению полевой всхожести семян (Иванов Н. Р., 1961; Van Schoonhoven A.; 1991, Singh S.P., 2010).

Изучение первоначальных центров происхождения фасоли обыкновенной необходимо для углубления концепции имеющихся знаний об адаптивной спо- собности потенциала семенной продуктивности; возможности устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам у предковых, а затем совре- менных форм культуры (несмотря на утрату некоторых аллелей генов в процес- се искусственного отбора), позволивших в древности расширить ареал обитания от теплых и влажных низинных тропических условий Мезоамерики до более прохладных и сухих условий высокогорий Анд, а затем в совершенно иные аг- роклиматические условия других материков (Van Schoonhoven A., 1991; Асана- лиев А.Ж., 2014; Singh S.P., 2010).

Полученные знания могут помочь при подборе родительских пар по со- зданию исходного материала для перспективного высокопродуктивного адап- тивного сорта фасоли обыкновенной зернового использования.

Считается, что в Европу фасоль обыкновенную первыми завезли испанцы в конце 16 века. Долгое время ее выращивали в садах, как декоративное растение. В 17 веке ее стали выращивать в огородах в качестве продовольственной культу- ры. В 18 веке фасоль стали высевать на небольших полях (Казыдуб Н.Г. 2022).

Есть мнения, что в Россию фасоль обыкновенная проникла гораздо рань- ше, чем в Европу, еще в начале 16 века через Грузию (Стаканов Ф. С., 1986; Те- дорадзе С.Г., 1982). Существует иная точка зрения, в соответствии с которой фасоль обыкновенная попала в страну с южных берегов Черного моря (в пользу чего говорит название, которое она носила в те времена – турецкие бобы) (Ка- зыдуб Н.Г., 2017; Иванов Н.Р. 1961).

Первое время в России, как и в Европе, фасоль использовалась как декоративное и очень редко в качестве продовольственной овощной культуры. К середине 18 века ее стали выращивать на юго-западе Российской империи уже как зерновую культуру. В 19 веке посевы фасоли встречались уже и в южных регионах страны. (Иванов Н.Р. 1961; Буданова В.И., 1975; Минюк П.М., 1991; Лазарева Е.К., 2006).

В начале 20 века, после образования СССР посевные площади культуры стали стремительно расширяться. Фасоль обыкновенную возделывали на Северном Кавказе, в Северо-Западной и Степной зонах страны, а также на левобережье Украины, в Закавказье и в Центрально-Черноземных областях. К 1935 году посевные площади под культурой достигли 232 тыс. га. После Великой Отечественной войны площади посевов под фасолью ежегодно сокращались и опустились до 50 тыс. га на всю страну (Лазарева Е.К., 2006). В настоящее время основная часть (около 90%) фасоли выращивается в личных хозяйствах, а производственные посевы занимают около 4 тысяч га (Зотиков В.И., 2016). Но в настоящее время собственные семена зерновой фасоли становятся все более востребованы производителями, поскольку общий импорт в России, в том числе и сельскохозяйственной продукции, в 2022 году снизился примерно на 30% (<https://xn--80aecvxfbbnpl.xn--p1ai/snijenie-importa-v-rf-na-tekysihii-moment-ocenivaetsia-primerno-v-30-beloysov/>).

Существует хорошая перспектива для увеличения посевных площадей фасоли обыкновенной в Российской Федерации с использованием семян отечественных сортов, в связи с тем, что большинство из них районированы и рекомендованы для всех зон возделывания культуры.

1.2 Биологические и морфологические особенности

Фасоль обыкновенная – теплолюбивая культура. Оптимальная температура для прорастания семян +18...+22 °С, минимальная +8...+10 °С. Наименьшая положительная температура, которую способны выдерживать растения фасоли

обыкновенной +2 °С, однако существуют сорта, которые способны переносить кратковременное воздействие отрицательных температур (до –3 °С) (Иванов Н.Р., 1961; Лаханов А.П., 1981; Стаканов Ф.С., 1986).

Наиболее благоприятная температура для бутонизации и цветения +20-25 °С, завязывание бобов может приходиться и при более низких температурах (до +15 °С), однако резкие перепады между дневной и ночной температурой угнетают процесс плодообразования. Оптимальная сумма активных температур за вегетацию варьирует в пределах от 1400 °С до 1900 °С. Сильная жара (выше 30 °С) в периоды от бутонизации, цветения и плодообразования приводит к опадению генеративных органов и завязей с растений (Голбан Н.М., 1982; Mascianica, М.Р., 1986; Казыдуб Н.Г., 2022).

Воздействие высоких температур сокращает время наступления фаз, прохладная погода, напротив, удлиняет их (Иванов Н. Р., 1961; Акулов А.С., 2010).

Несмотря на то, что фасоль обыкновенная изначально произрастала в условиях короткого светового дня, большинство современных сортов обладают нейтральной реакцией на продолжительный световой период и являются толерантными к условиям произрастания длинного дня. Плохо выносит затенение, высевание культуры в загущенном посеве, приводит к снижению урожая. В вечернее время или сильную жару у фасоли обыкновенной наблюдается явление опускания листьев (Стаканов Ф.С., 1986).

По отношению к влаге фасоль обыкновенная относится к мезофитам, хотя хорошо растет в зонах с избыточным увлажнением. Больше всего растения фасоли нуждаются во влаге в стадии всходов, затем во время цветения вплоть до созревания бобов. Избыточное увлажнение (особенно вкупе с пониженной температурой воздуха) в период созревания семян, замедляет этот процесс и приводит к понижению их качества и снижению всхожести, поскольку требует дополнительного досушивания семян, а низкая температура и избыточная влажность в период созревания и уборки провоцирует развитие болезней (Стака-

нов Ф.С., 1986). Многие современные сорта, возделываемые на территории РФ устойчивы к засухе.

Фасоль очень требовательна к почвам. Хороший урожай фасоль дает на структурных неуплотняющихся почвах, черноземах, в поймах рек на наносных почвах, нейтральных или известковых почвах, также хорошо переносит небольшую кислотность. Урожай семян можно получить на удобренных супесчаных и легких суглинистых почвах. Не переносит сильное засоление и высокую кислотность почв, также низкий урожай дает на холодных глинистых почвах с высоким залеганием грунтовых вод.

Фасоль обыкновенная является пропашной культурой. В почвенно-климатических условиях Орловской области лучшими предшественниками являются колосовые культуры и картофель. На прежнем месте фасоль можно высевать только через 4-6 лет. Посев фасоли обыкновенной на одном и том же поле без чередования севооборота приводит к накоплению на участке ее болезней. Фасоль является хорошим предшественником для пшеницы, кукурузы и других зерновых культур (Иванов Н.Р., 1961, Стаканов Ф.С., 1986, Акулов А.С., 2010). В России в зонах рискованного земледелия, где с высокой вероятностью могут сложиться неблагоприятные погодные условия для выращивания культуры, а также из-за необходимости строгого соблюдения агротехнологии при возделывании, для получения высокого урожая семян фасоли, большинство производителей предпочитают ей другие культуры.

Внешний вид и внутреннее строение семени фасоли обыкновенной. К основным признакам, позволяющим определять различия между сортами являются: размер (мелкие, средние, крупные), форма (округлая эллиптическая, почковидная) и окраска семян (белые, оливковые, красные, коричневые, пестрые и т.д.). На семенной оболочке, на боковой поверхности семени, находится четко выраженный рубчик, вокруг которого в зависимости от сорта может появляться рисунок в виде простого или двойного кольца халаза, микропиле, а также через семенную оболочку можно увидеть зародышевый корешок (Иванов Н.Р., 1961).

Под семенной оболочкой находятся две, крайне редко три семядоли (наличие трех семядолей обусловлено геном *tri*, такие семена обычно шире, и обладают лучшей всхожестью) (Курлович Б.С., 1995). Между семядолями находится зародыш, состоящий из почечки в виде двух оформленных зародышевых листьев и зародышевого корешка и воздушная камера (это явление называется кавитацией семян).

Минимальная температура почвы для прорастания семян фасоли обыкновенной 10 °С, однако всходы появляются при температуре выше 12 °С. Прорастая, фасоль выносит семядоли на поверхность почвы. Семядоли могут быть окрашены в зеленый цвет, но ассимилирующей функции не выполняют. В процессе роста и развития растения фасоли по мере расходования запасных питательных веществ, семядоли высыхают и опадают; на их месте, на стебле остаются два следа друг напротив друга (Иванов Н.Р., 1961; Van Schoonhoven A., 1991; Кириченко В. В., 2009).

У зародышевой почки развиваются два примордиальных листа (могут сохраняться внизу на главном стебле под первым узлом растения до начала созревания растения). Форма примордиальных листов зависит от сорта и различается по форме (продолговатым, яйцевидным, широкояйцевидным), размеру: длине (от очень короткого до очень длинного), ширине (от очень узкого до очень широкого) и окрасу (от разных оттенков зеленого до розового и фиолетового) (Иванов Н. Р., 1961; Tanaka A., 1979; Kwak M., 2012).

Фасоль имеет характерную для двудольных стержневую корневую систему с многочисленными боковыми корнями, расположенными ближе к поверхности почвы на глубине около 15 см, главный корень уходит на глубину до 1,5 м. Корневая система фасоли обыкновенной по сравнению с другими бобовыми культурами, имеет более высокий коэффициент массы (то есть на единицу биомассы корня приходится единица биомассы надземной части).

Когда температура почвы достигает 14-15 °С, на корнях фасоли начинают образовываться клубеньки с симбиотическими азотфиксирующими бактериями

Rhizobium phaseoli (одноклеточный организм с полярным жгутованием размером $0,5 \times 0,2$ м) (Иванов Н.Р., 1961; Полонская Д.Е., 2010). Клубеньки не имеют четко выраженной анатомической структуры. Они представляют собой разросшиеся участки паренхимы на стыках эпидермальных клеток. Кроме внутренней паренхимы клубеньков, колонии *Rhizobium phaseoli* существуют в виде тонкой пленки на корнях фасоли (локализуясь преимущественно в зоне элонгации корня) и прикорневой зоны в почве, питаясь корневым экссудатом (Волобуева О.Г., 2016). В активном состоянии азотфиксирующие бактерии *Rhizobium phaseoli* находятся до фазы налива семян (Кириченко В.В., 2009). Кроме азотфиксирующей, ризобиум выполняет защитную функцию. Колонии ризобиума вытесняют патогенную микрофлору с поверхности корней, лишая их доступа к питанию, и подавляют ее размножение благодаря способности вырабатывать некоторые антибиотические факторы (Тихонович А.И., 2005; Кириченко В.В., 2009; Волобуева О.Г., 2016).

Большинство современных сортов фасоли обладают слабой симбиотической активностью. Это связано с тем, что селекцией культуры занимались в основном в районах с достаточным количеством азота в почве, и растениям не было необходимости формировать большое число клубеньков, поэтому функция азотфиксации у современных сортов ослаблена. У фасоли обыкновенной работающие клубеньки в больших количествах образуются в основном на обедненных азотом почвах (Полонская Д.Е., 2010; Маракаева Т.В., 2011). Тем не менее за период вегетации растений фасоли обыкновенный в результате симбиотической азотфиксации в почве накапливается от 40 до 70 кг/га азота (Боднар Г.В., 1977; Казыдуб Н.Г., 2022).

Пигментация гипокотилия является наследуемым признаком, варьирует от сероватого, розового до темно-фиолетового. Контролируется тем же геном, что отвечает за окраску семенной оболочки, цветка и боба.

Стебель и листья фасоли опушены, густота опушения зависит от сорта. Волоски крючковатые. Чем моложе орган растения, тем сильнее выражен при-

знак (Pillemer E.A., 1978; Кириченко В.В., 2009). Опушение выполняет защитную функцию: препятствует заражению растения грибковыми инфекциями, распространению спор, а также не дает насекомым вредителям травмировать стебли и листья, тем самым уменьшая число потенциальных вредителей (Mmbaga M.T., 1992; Кириченко В. В., 2009). Ветвление стебля фасоли обыкновенной моноподиального типа, снизу вверх. Междоузлия в зависимости от типа роста могут быть укороченными или длинными. (Иванов Н.Р., 1961; Tanaka A., 1979; Кириченко В.В., 2009).

Фасоль обыкновенная имеет несколько морфотипов: детерминантный-кустовой или кустовой с завивающейся верхушкой; индетерминатный – полувьющийся и вьющийся (Минюк П.М., 1991; Ведров Н.Г., 2008; Казыдуб Н.Г., 2022).

Среди широкого разнообразия сортов фасоли обыкновенной, возделываемых в мире, предпочтение отдается формам с детерминантным типом роста (Purseglove J.W., 1968; Singh S.P. et al 1991; Базарнова В.К., 2017). Кустовой морфотип появился в результате естественной мутации, благодаря которой в процессе одомашнивания были получены культурные растения с детерминантной формой роста, а в будущем позволила создать сорта пригодные для прямой механизированной уборки (Буданова В.И. 1990; Миюц О.А., 2021). Такие растения характеризуются меньшим количеством боковых побегов (ветвей) в сравнении с вьющимися, также меньшей длиной и числом междоузлий, кроме того они толерантны или положительно отзываются на условия длинного светового дня (Van Schoonhoven A., 1991, Кириченко В.В., 2009). Преимуществом кустовых форм является перераспределение биомассы с упором на репродуктивную сферу растения и увеличению устойчивости морфотипа к полеганию (Gentry H.S. 1969; Tanaka A., 1979; Singh, S.P., 2010). В России выращивают фасоль кустовой формы.

Индетерминантные сорта не приспособлены к механизированной уборке, а также более требовательны к почвенно-климатическим условиям: хорошо растут

и вызревают только на высокогорьях с прохладным климатом в условиях короткого дня (Singh S.P. et al 1991; Van Schoonhoven A., 1991; Weller J.L., 2019).

Согласно «Широкому унифицированному классификатору СЭВ и международному классификатору СЭВ культурных видов рода PHAEOLUSL., 1984 форма куста современных сортов фасоли обыкновенной подразделяется на прямостоячую (компактную), раскидистую (традиционную), развалистую и стелющуюся.

Компактная и раскидистая формы куста являются рецессивным признаком (контролируется в первом случае двумя рецессивными аллелями) (Кириченко В. В., 2009; Буданова В.И., 1990). В настоящее время селекция направлена на создание сортов с компактной формой куста, поскольку они обладают рядом преимуществ:

- высокое расположение нижнего боба над землей (признак высота прикрепления нижнего боба или (ВПНБ));
- боковые побеги находятся под углом менее 45° к главному стеблю (компактность ветвей куста);
- низкая полегаемость растений достигается за счет утолщения главного стебля в результате усиления механической ткани, это происходит за счет близкого расположения проводящих пучков относительно друг друга, образуя широкое сплошное кольцо по всей длине стебля, и удерживает большее количество бобов (Кириченко В.В., 2009; Пинкаль А.В., 2012);
- высота растений (50-70 см).

Совокупность вышеперечисленных признаков позволяет существенно снизить потери урожая при механизированной уборке.

Растения с раскидистой формой куста чаще полегают, главный стебель тонкий, с меньшим слоем механической ткани, боковые побеги расположены от центрального стебля под углом более 45°.

У детерминантных сортов в верхушечной точке роста образуется соцветие по типу пазушного, рост растения в высоту прекращается (Van Schoonhoven A.,

1991; Кириченко В.В., 2009; Синюшин, А.А., 2018; Казыдуб Н.Г., 2022). У кустовых растений с завивающейся (нутирующей) верхушкой главный стебель оканчивается тонким, эластичным, закрученным, чаще единичным побегом, на вершине которого находится цветок или полное соцветие (Буданова В.И., 1990; Кириченко В.В., 2009; Синюшин А.А., 2018).

Высота растения и длина междоузлий фасоли обыкновенной является генетически обусловленным признаками, но во многом зависят от погодных условий. Появление длинных междоузлий у растений контролируется доминантными генами (*L*), коротких – рецессивными гены (*l*) (Теодорадзе С.Г. 1966; Кириченко В. В., 2009; Казыдуб Н. Г., 2022).

По длине стебля кустовые растения фасоли обыкновенной делятся на короткие (ниже 50 см), средние (от 50 до 80 см) и длинные более 80 см.

Листья фасоли тройчатосложные. Форма, размер и цвет центрального листа зависит от сорта. Форма листа ланцетная, треугольно-продолговатая, ромбовидно-продолговатая, треугольная, ромбовидная, яйцевидная, широкояйцевидная. Длина листа от очень короткого до очень длинного (очень короткий < 5 см, короткий 5-9 см, средний 10-14 см, длинный 15-20 см, очень длинный > 20 см). Окрас листа светло-зеленый, зеленый, темно-зеленый, розовый, фиолетовый и вариегатный (Van Schoonhoven A., 1991; Кириченко В. В., 2009).

Строение цветка характерно для семейства бобовых. Цветки зигоморфные, обоеполые крупные, окраска лепестков от белого и розового (разной интенсивностью выраженности цветового признака) до светло или темно-фиолетового. Имеет двойной околоцветник, пять чашелистиков, имеет пять лепестков: один крупный лепесток – парус, два вытянутых и более маленьких по размеру боковых лепестков – крыльев, и самых маленьких сросшихся лепестков, вытянутых с загнутыми вершинами, образующими лодочку или киль. Лодочка образует своеобразную защитную камеру, в которой находится спирально закрученный столбик пестика и 10 тычинок (9 сросшихся и 1 свободную), тычиночные нити закручены вокруг пестика. В зависимости от сорта столбик может быть 1 или 2 закручен-

ный. В камере сохраняется постоянная влажность, предохраняющая пестик и пыльцу от пересыхания. Цветки различаются по размеру: маленький (меньше 11 мм), средний (11-15 мм) и большой (больше 15 мм). Цветки собраны в соцветия кисть. В зависимости от количества цветков различают признак размера соцветия (очень малое, меньше 2, малое 2-3 цветка, среднее 4-8, большое 9-15 и очень большое больше 15) (Иванов Н.Р., 1961; Стаканов Ф.С., 1986; Кириченко В.В., 2009). Длина цветоноса у различных сортов и форм фасоли обыкновенной чаще всего равна черешку, иногда бывает короче или длиннее (Van Schoonhoven A., 1991; Кириченко В.В., 2009; Синюшин А.А., 2018).

Бобы фасоли обыкновенной различают по величине: мелкие (4-6 см), средние (7-13 см) и крупные (14-20 см); по форме: широкие, узкие, плоские, плоскоцилиндрические, цилиндрические, саблевидные, мечевидные, серповидные и прямые. Величина носика боба различается от короткой (менее 1 см), средней (1-2 см) и длинной (более 2 см); форма носика прямая, крючковидная и загнутая. Окраска незрелого боба варьирует от светло-желтой до темно-зеленой, иногда бывает беловато-желтой, может присутствовать пигментация (от пестрая розовой, красная или фиолетовая, а также пурпурно-мозаичная до практически черной).

В зависимости от присутствия в створках незрелого боба пергаментного слоя различают типы фасоли обыкновенной: с полным его отсутствием – (овощная, сахарные сорта), присутствует слабый пергаментный слой – овощные, наличие среднего и сильного пергаментного слоя зерновые. Толщина пергаментного слоя во многом зависит от условий года. У овощных сортов в пищу используются незрелые бобы (Иванов Н.Р., 1961; Теодорадзе С.Г., 1966; Кириченко В.В., 2009; Казыдуб Н.Г., 2022).

Важным сортовым признаком является окраска зрелого боба: светло-желтая, светло-зеленая, бурая или мраморная. Поверхность зрелого боба может быть гладкой, бугристой (у сортов зернового типа), морщинистой, а также чет-

ковидной (у сотов овощного типа) (Иванов Н.Р., 1961; Стаканов Ф.С., 1986; Van Schoonhoven, A., 1991; Кириченко В.В., 2009).

Зрелые бобы фасоли характеризуются признаком - растрескиваемость боба. Сорта с низкой величиной признака характеризуются присутствием плотной механической ткани в швах перикарпия и тонким пергаментным слоем. У большинства современных сортов зерновой фасоли обыкновенной растрескиваемость зрелых бобов очень мала. (Иванов Н.Р., 1961; Пухальская Н.Ф., 1964; Казыдуб Н.Г., 2022).

Среди всех зернобобовых культур семена фасоли обыкновенной отличаются богатым разнообразием окраски, формы и размеров. Поэтому вышеперечисленные признаки являются одними из основных отличительных особенностей сорта (помимо морфологических).

Признаки:

- размер семян фасоли характеризуется массой 1000 семян (очень мелкие массой менее 101 г или 101 до 150 г., мелкие от 151-250 г, средние от 251 до 400 г, крупные 401-800 г и очень крупные более 800 г).

- форма семян: округлая (сферическая *sphaericus*), эллиптическая вид-ная *ellipticus*), удлинённая (вальковатая, цилиндрическая *oblongus*), полусжатая *subcompressus*), сжатая (почковидная, сплюснутая *compressus*).

- окраска зрелых семян фасоли обыкновенной разнообразна и является одним из основных сортовых признаков.

Семенная оболочка может иметь сплошное или пестрое окрашивание. Цвет окраски крайне разнообразен: белый, желтый, оливковый, серый, охряной, зеленый, оливковый, коричневый, розовый, вино-красный, фиолетовый и черный. Рисунок на семени может быть нескольких типов: пестрый, точечный, полосатый, метисный (многоцветные); кроме того, семена различаются по наличию и форме пятна у рубчика: пятно в форме ласточки, пятно солдатик, а также расплывчатое или четкое пятно в форме одинарного или двойного кольца.

Цвет, окраска семян и цвет рисунка незрелых бобов зависит от типа фенольных соединений, содержащихся в семени. Наибольшая их концентрация зафиксирована в семенной оболочке (López A, 2013; Kumar G., 2017). Некоторые полифенольные соединения (фенольные кислоты, флавоноиды, стильбены и танины), содержащиеся в семенах способны оказывать положительный оздоравливающий эффект на организм человека и животных.

Фасоль обыкновенная – ценная продовольственная культура. Регулярное употребление блюд из семян фасоли в пищу способствует снижению окислительного стресса, за счет способности полифенольных соединений нейтрализовывать свободные радикалы и предупреждать их появление (Huber K. 2016; Kumar G., 2017).

На сегодняшний день к исследованиям терапевтических свойств фасоли обыкновенной приковано особенное внимание зарубежных исследователей, в связи с ее способностью подавлять и предупреждать развитие некоторых форм раковых заболеваний (под действием стильбенов), снижать концентрацию холестерина в крови, уменьшать ее вязкость, поддерживать здоровье сердечнососудистой системы. Обладает противовоспалительным и противоаллергенным эффектом, снижает выработку гистамина, улучшает зрение. Используется в лечении диабета, поскольку способствует снижению и поддержанию нормального уровня глюкозы в крови. (Correa P. 1981; Vergara-Castañeda H.A. 2010; Kumar G., 2017; Winham D.M., 2017; Lestari L., 2017). Обладает некоторыми противомутагенными ДНК и РНК свойствами, за счет способности фенольных соединений семян фасоли обыкновенной подавлять выработку существующих мутагенов и токсических соединений, а также способностью их нейтрализовывать (De Flora S. 1998; Williams G.M., 2002; Sabater V.M., 2003; Kumar G., 2017). Фасоль содержит биоконпоненты, способствующие поддержанию и усилению иммунитета, помогает снижать вес (Monk J.M. 2016, 2017; Kumar G., 2017).

Терапевтический эффект от употребления в пищу фасоли обыкновенной зависит от цвета семян. В соответствии с данными зарубежных исследователей,

семена фасоли с белым цветом кожуры способствуют лечению диабета, снижению холестерина в крови. Семена фасоли с красной, желтой семенной оболочкой, имеющие двухцветный рисунок, обладают противовоспалительным эффектом и противогрибковой активностью. Семена с темно-фиолетовой (черной) кожурой за границей используют в качестве природного пищевого красителя (Mojica L., 2017; Kumar G., 2017; Loko L.E.Y., 2018).

Оттенок, цвет и рисунок семени определяется типом и концентрацией фенолов в семенной оболочке. Например, желтый говорит о присутствии высокой концентрации танинов и гликозидов в семенной оболочке. Розовый, темно-красный, темно-фиолетовый (черный) цвет зависит от антоцианов (Павловская Н.Е., 2008; Nayat I., 2014; Mojica L., 2017; Kumar G., 2017).

Однако в семенах фасоли содержится некоторое количество антипитательных веществ, способных оказывать отрицательное воздействие на организм, делать употребление в пищу семян фасоли потенциально опасным (Machado C.M., 2008; Павловская Н. Е., 2008; Kumar G., 2017).

Антипитательные факторы: галакто-олигосахариды, ингибиторы протеиназы и амилазы, лектины, фитиновую кислоту, оксолаты, танины, антивитамины и другие фенольные соединения, затрудняющие усвоение минеральных веществ и белков; цианогенные гликозиды, вызывающие вздутие и метеоризм. Помимо некоторых негативных эффектов для организма, эти вещества в комплексе обладают антиоксидантной и пробиотической активностью, антиканцерогенными свойствами (Muzquiz M. et al. 1999; Champ M.M., 2002, Lajolo F.M., 2002; Oomah B.D., 2005; Huber K., 2016; Kumar G., 2017). Основным способом нейтрализации антипитательных веществ в семенах является тепловая обработка (Иванов Н.Р., 1961; Павловская Н.Е., 2008; Kumar G., 2017).

Фасоль обыкновенная является доступным дополнительным источником растительного белка. Содержание белка в семенах культуры, в зависимости от сорта, колеблется от 20 до 35 % белка (Ларионов Ю. С., 2012; Егорова Г. П., 2019; Костикова Н. О., 2021). Содержание незаменимых аминокислот в сыром

протеине фасоли достигает 38% от общего количества аминокислотного состава (Горбатая А. П., 2012; Катюк А. И., 2019; Леонова С.А., 2020). Наибольшее процентное содержание от общего состава незаменимых аминокислот приходится на лизин, наименьшее – на метионин (Фицев А.И., 2003; Павловская Н.Е, 2008).

Семена фасоли содержат: 50-60% углеводов, 3-4% жира, микроэлементы и витамины: В₁, В₂, РР, В₉ (Паркина О.В., 2009; Бодошов А.У., 2014; Fernandes S.B., 2016; Казыдуб Н.Г., 2022).

Научные исследования по нахождению способов направленного изучения растений, создание новых форм и сортов, адаптированных к изменению условий среды возделывания наряду с биологическими свойствами культуры необходимо учитывать морфологические особенности, их изменчивость. Включение в еженедельный рацион блюд из семян и зеленых бобов фасоли, благодаря ее исключительным кулинарным, диетическим и терапевтическим свойствам, предпочтителен для поддержания высокого качества жизни и здоровья населения в мире.

1.3 Болезни и вредители

Фасоль обыкновенная подвержена вирусным, грибковым и бактериальным заболеваниям.

К группе грибковых заболеваний относятся фузариоз (возбудителем этой болезни являются грибы рода (*Fusarium* Link), одно из наиболее опасных и распространенных в средней полосе России заболеваний – антракноз, возбудителем, которого является грибок из рода *Colletotrichum* (*Colletotrichum lindemutianum* Br. et. Cov.). Также нередко можно встретить серую гниль (*Botrytis cinerea* Pers.), белую гниль или склеротиниоз (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de By), аскохитоз (*Ascochyta phaseolorum* Sacc., *A. Boltshauseri* Sacc.).

К бактериальным инфекциям, поражающим растения фасоли обыкновенной, относятся бурая пятнистость листьев (*Xanthomonas phaseoli* (E.Smith) Dowson), бактериальный ожог (*Pseudomonas medicaginis* (Sackelt) v. *Phaseolicola*

(Burckh), *Pseudomonas vignae* Gardner et. Kendrick). Ржавая пятнистость (*Corinebacterium flaccumfaciens* Halges Dowson). Вирусные болезни фасоли обыкновенной - это зеленая мозаика (Bean common mosaic virus), желтая мозаика (Bean yellow mosaic virus) и вирус табачной мозаики (*Nicotiana virus*).

К основным вредителям фасоли относятся паутинный клещ, ростковая муха, головневая нематода и долгоносики. Тем не менее, самым опасным из них является фасолевая зерновка (*Acanthoscelides obtectus* Say.), чей жизненный цикл неразрывно связан с фасолью обыкновенной. Фасолевая зерновка была завезена вместе с семенами фасоли из Южной Америки и распространилась по всей территории возделывания фасоли обыкновенной в нашей стране. Главный вред наносится личинками жука, которые развиваются из яиц отложенных самками на бобы, семена или мешки в зернохранилищах, проникая в семена и питаясь ими. Для борьбы с зерновкой используют инсектициды, обрабатывая ими растения в фазу бутонизации в полях, а также зараженные семена и зернохранилища. В некоторых странах используется обработка семян растительными маслами (соевым, арахисовым или кукурузным). Масло проникает в яйцо зерновки и уничтожает его (Бабенко А.С., 2009; Плетнева М.М., 2019). По оценкам отечественных и зарубежных исследователей потери урожая при хранении зерна, зараженного зерновкой могут достигать от 30 до 38% от общей массы зерна (Nahimana M., 1992; Negasi F., 1994; Плетнева М. М., 2019).

1.4 Фотосинтез и фотопотенциал

Общая продуктивность фотосинтеза является функцией трех переменных величин: интенсивности фотосинтеза, размера фотосинтетической поверхности и продолжительность ее работы. Величина ЧПФ (по Ничипоровичу) показывает количество сухой биомассы, образованной растением в течение суток в расчете на м² листьев, и зависит от реакции генотипа на изменение условий произрастания. Наибольшее значения ЧПФ наблюдается на начальном этапе онтогенеза (в период интенсивного роста и развития растений, который происходит не только

за счет интенсивных процессов фотосинтеза, но и за счет запасных веществ в семядолях) – всходы. С течением времени величина чистой продуктивности фотосинтеза уменьшается. В период развития генеративных органов чистая продуктивность фотосинтеза снижается, так как увеличение площади ассимиляционной поверхности в большей степени происходит за счет растяжения клеток, а не образования новых, а интенсивность поглощения и усвоения молекул углекислого газа увеличивается (Анчербак С.П., 1970; Лаханов А.П., 1974; Tanaka A., 1979). Однако изучение темновых реакций фотосинтеза по скорости поглощения молекул CO_2 листьями фасоли обыкновенной, в полевых условиях с помощью портативного газоанализатора, показало, что наиболее активно молекулы углекислого газа поглощались листьями в фазу 3-5 настоящих листьев, а по мере увеличения биомассы скорость поглощения снижалась (Миющ О.А. 2019, 2020). Рост листьев прекращается к периоду плодоношения, все пластические вещества, главным образом, используются для образования репродуктивных органов и налива семян, происходит процесс усыхания старых листьев за счет оттока пластических веществ в бобы. Фотосинтетическая деятельность значительно снижается после пожелтения первого боба растения. Сорта фасоли с продолжительным вегетационным периодом имеют большее значения ЧПФ, поскольку листья дольше сохраняют фотосинтетическую активность (Иорданов И.Т., 1979; Лаханов А. П., 1984).

Дополнение селекционной программы данными о скорости протекания темновых реакций фотосинтеза, позволяют вести селекцию не только по хозяйственным признакам, высокой семенной продуктивности, устойчивости к абио- и биострессорам, и качеству семян, но определить их взаимосвязь с интенсивностью фотосинтеза (Амелин А.В., 2018, 2021; Чекалин Е.И., 2016, 2017).

Для эффективной работы селекционеру необходимо выработать четкую обоснованную схему каждого этапа селекционного процесса и определить параметры будущего сорта. Для создания подобной схемы необходимо определиться с конечным результатом (какими свойствами должен будет обладать сорт) (Ку-

маков В.А., 1985). Основанием разработки является всесторонний анализ хозяйственно-ценных признаков сортов, включающий изучение их генетических, морфологических, физиолого-биохимических свойств в совокупности с изучением почвенно-климатических условий и определения взаимосвязи между ними (Жученко А.А., 2001; Бороевич С., 1984; Шипулин О.А., 2016). Будущий сорт должен быть ориентирован на современные требования производства культуры и предпочтения потребительского рынка (Кумаков В.А., 1985; Новоселов С.Н. 2006; Трунова М.В., 2008; Казыдуб Н.Г., 2015; Лисицын Е.М., 2018; Миющ О.А., 2021).

Для разработки критериев отбора и подбора родительских форм и оценке полученных рекомбинантов, для создания нового высокопродуктивного сорта необходимо иметь четкое представление об адаптивных способностях растений. Материал прежде всего должен обладать признаками толерантности к абиотическим и биотическим стрессорам; поддерживать стабильно высокую урожайность семян (значения величин элементов семенной продуктивности должны сочетаться наилучшим образом), независимо от условий года произрастания (Мирошникова М.П., 2015; Лебкова О.А., 2022). Сочетать в себе оптимальное соотношение признаков, отвечающих за технологичность однофазной уборки (растения с детерминантным типом роста и компактным кустом, с высоким прикреплением нижнего боба и устойчивостью к полеганию) (Мирошникова М.П., 2014; Асадова А.И., 2016; Миющ О.А., 2021).

Период вегетации не должен быть затянутым, поскольку в последние годы погодные условия характеризуются невыравненностью по температуре и осадкам, таким образом, сорта смогут реализовать потенциал продуктивности без потери качества урожая. Содержание белка в семенах должно быть не менее 26%. (Якубенко О.Е., 2020; Миющ О.А., 2021).

2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Почвенно-климатическая характеристика Орловской области

Орловская область находится в юго-западной части Восточной равнины в центре Среднерусской возвышенности в степной и лесостепной зонах в условиях умеренно-континентального климата. Рельеф – всхолмленная равнина. Почвы Орловской области представлены преимущественно темно-серыми лесными почвами, оподзоленными и выщелоченными черноземами, дерново-подзолистыми и светло-серыми лесными почвами. На пахотных землях в области насчитывается более 240 почвенных разновидностей.

За год выпадает от 490 мм до 590 мм осадков (умеренное количество). Наибольшее количество осадков выпадает в летний период (сумма осадков превышает сумму выпавших осадков в зимний период в среднем в два раза). Сумма осадков, выпавших за осенний период, превышает их суммарное количество за весенний период. Снежный покров держится в среднем 126 дней. Количество дней с положительной среднесуточной температурой составляет около 220 дней. Теплый период в Орловской области длится с апреля по октябрь (в среднем 140 дней), на него приходится наибольшее количество ФАР – 1533 МДж/м² (за год составляет 1818 МДж/м²). Сумма эффективных температур (выше +10 °С) для Орловской области составляет в среднем 2200-2300 °С. За теплый период выпадает от 290 мм до 310 мм осадков.

В начале мая продолжительность светового дня составляет 15 часов, затем увеличивается до 17 часов к III декаде июня, к III декаде сентября продолжительность светового дня сокращается до 12 часов. Самый теплый месяц - июль, среднемноголетняя температура составляет 20,1 °С и колеблется от средней минимальной температуры +10 °С до +37 °С (абсолютного максимума). Гидротермический коэффициент для Орловской области составляет в среднем (ГТК)

1,2...1,3, что говорит о достаточной влагообеспеченности растений во время вегетационного периода.

2.2 Метеорологические условия в годы проведения опытов

Исследования проводились в 2012, 2013, 2018...2020, 2021 годах в коллекционном питомнике на опытном участке селекционного севооборота ФГБНУ «Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур». ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» находится в Орловском районе Орловской области в 8 км от областного и районного центра города Орел. Основные направления деятельности научного центра – это создание новых адаптивных, высокопродуктивных сортов зернобобовых и крупяных культур и разработка агротехнических приемов их возделывания.

Почва, где размещались варианты изучения – среднекислая, pH солевой вытяжки 4,8-5,0, темно-серая лесная, черноземы с содержанием гумуса в пахотном горизонте 4,6-5,0%; с повышенным содержанием подвижного фосфора (P_2O_5) – 10,5–12,4 мг/100 г почвы; со средним содержанием обменного калия (K_2O) по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011) – 9,6-10,4 мг/100 г почвы.

Годы изучения резко раз отличались по метеоусловиям (Рисунки 1, 2).

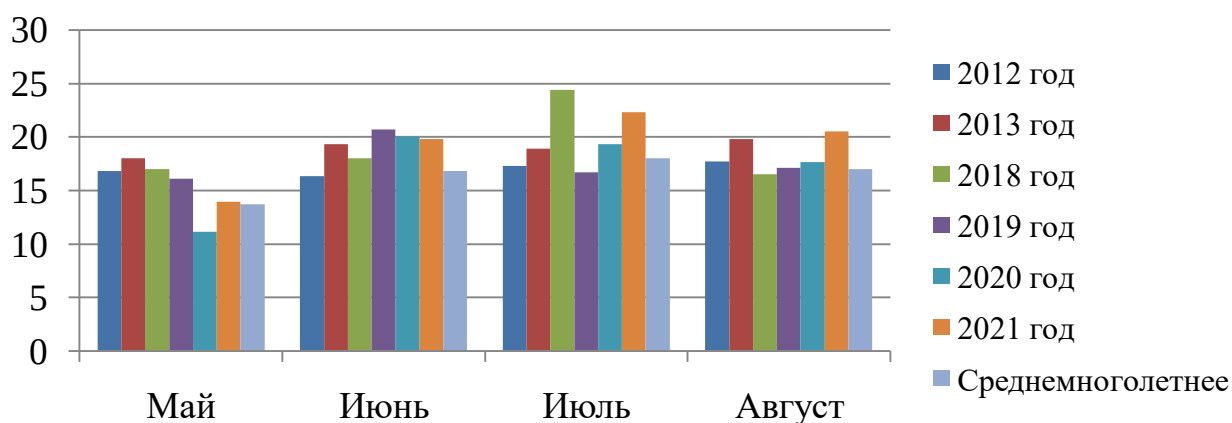


Рисунок 1 – Температура воздуха в период вегетации

В 2012 г. сумма активных температур составляла 1779,5 °С (ниже среднего многолетнего значения). Май был сухим и теплым, температура была чуть

выше ее среднемноголетнего значения. Июнь был прохладным и влажным. Минимальная и максимальная температура была отмечена в I декаде июня – 4,1 °С, максимальная – 29,6 °С. Июль был теплым и сухим, температура в среднем превышала среднемноголетнее значение на 1,2 °С, минимальная температура на поверхности почвы отмечалась в I декаде июля 7 °С, при минимальной температуре воздуха 9,5 °С. Максимальная температура за июль отмечалась во II декаде 32,2 °С. Август 2012 был прохладным, за исключением его I декады, когда минимальная температура воздуха достигала значения 10,5 °С, а максимальная 36 °С. III декада августа была самой холодной, температура воздуха опустилась до минимального значения 3,5 °С, при этом температура на поверхности почвы составила всего 1 °С. В 2013 году температурный режим для фасоли, в целом, сложился относительно благоприятно. Сумма активных температур составила 1910 °С. Самыми теплыми и влажными были II и III декада мая. I и II декада июня и I декада июля были жаркими, максимальная температура в этот период превышала 30 °С, минимальная составляла 9,1 °С. III декада июля и I декада августа были более прохладными, в сравнении с предыдущими декадами. Температура II и III декады августа превышали показатели среднемноголетних значений на 0,9 °С и 1,9 °С соответственно. В 2018 году посев фасоли провели во II декаде (11 мая), которая была теплее на 1,5 °С среднемноголетней нормы. Июнь характеризовался контрастными показателями по температуре воздуха от 1,7 °С до 33,3 °С. Июль-август были благоприятными для роста и развития растений. Сумма активных температур в 2018 году составляла 2410 °С. В 2019 году май был оптимальным по температурному режиму в пределах от 13,5 °С до 18,8 °С. Последующие месяцы оказались жаркими и сухими, за исключением III декады июля, II декады августа. Сумма активных температур за период вегетации составляла 2170,4 °С. Самым благоприятным с июня по август по метеоусловиям для формирования урожая семян у фасоли обыкновенной в целом был 2020 год, за исключением II, III декады мая, которые оказались холодными (температура на поверхности почвы опускалась до 0 °С), задержав появление всходов более

чем на 20 дней, по сравнению с 2018 и 2019 годами. Сумма активных температур составляла 2090,2 °С. В 2021 году, средняя температура мая была близка к норме и превышала среднемноголетнее значение на 0,2 °С. Температура во II декаде мая была выше среднемноголетнего значения для данного периода на 1,9 °С, а III декада была прохладнее II декады на 1 °С, в целом сложившиеся условия мая благоприятствовали дружным всходам. Температура июня была выше нормы. VI декаде июня температура превышала норму на 1,4 °С, во II декаду на 3,4 °С, а в третью на 7,0 °С выше среднемноголетней. Июль также был жарким, I декада превысила среднемноголетнее значение на 2,2 °С, во II и III декадах на 6,4 и 2,5 °С соответственно, что способствовало ускорению смены фаз. В целом август 2021 года был жарким. Температура в I декаде августа была выше среднемноголетнего значения на 4,7 °С, а во II и III декадах на 3,3 °С и 2,7 °С среднемноголетней нормы. Во II декаде была зафиксирована максимальная температура за период вегетации 2021 года 34,3 °С. Температура в августе также превышала среднемноголетнее значение, что способствовало ускоренному созреванию культуры. Сумма активных температур 2021 года 2323,4 °С.

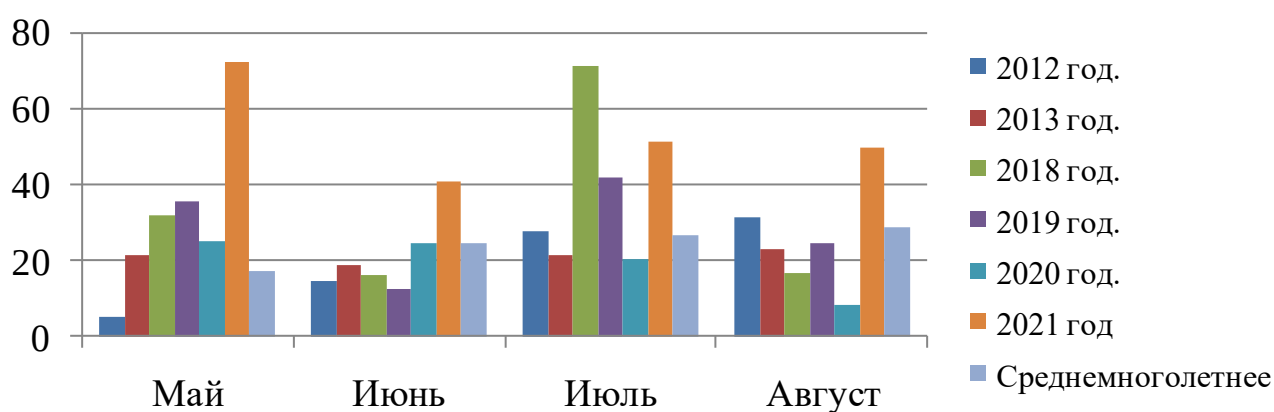


Рисунок 2 – Гистограмма распределения выпавших осадков за период вегетации

В 2012 году сумма выпавших осадков за вегетационный период фасоли обыкновенной с мая по август составила 223,6 мм, что на 20% ниже нормы. В 2013 году сумма выпавших осадков составила 275,4 мм, на 2% ниже нормы.

Сумма выпавших осадков в 2018 году составила 173,5 мм, что на 61% ниже среднегодовой нормы для Орловской области. В 2019 году сумма выпавших осадков – 297,8 мм на 6% выше нормы. В 2020 году 938 мм на 236% выше нормы. В 2021 году сумма выпавших осадков – 213,7 мм, что выше нормы на 120%.

Одной из основных характеристик климатических условий произрастания сельскохозяйственных культур является гидротермический коэффициент (ГТК) по Г. Т. Селянинову для оценки показателя влагообеспеченности территории. ГТК по Селянинову: слабое увлажнение – коэффициент менее 0,5, менее 1 – недостаточное, 1-1,5 увлажнение оптимальное, выше 1,6 – избыточное.

По отношению осадков к температурному режиму годы изучения характеризовались следующим образом: 2012 год (ГТК по Г. Т. Селянинову – 1,26) и 2013 год (ГТК=1,44) были достаточно влажными, имели оптимальный показатель увлажнения почвы 2019 (ГТК = 1,37) и 2020 годы (ГТК=1,34) – также характеризовались оптимальным значением увлажнения почвы, 2018 и 2021 годы характеризовались недостаточной увлажненностью почвы ГТК в 2018 году составил 0,72, а в 2021 году ГТК=0,92.

2.3 Объект, методы и методика исследования

Объектами исследования были 12 сортов фасоли обыкновенной отечественной селекции, условно сгруппированные по годам создания и районирования (1940–1950 гг.; 1980–2000 гг.; 2001–2009 гг.; 2010–2013 гг.; 2016-2019 гг.): Кустовая без волокна 85, Сакса без волокна 615, Днепровская бомба, Горналь, Нерусса, Рубин, Шоколадница, Стрела, Маркиза, Гелиада, Услава и 02-173 (Таблица 1).

Были изучены также 12 сортообразцов разного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР (Таблица 2).

Таблица 1 – Сорта фасоли отечественной селекции разных лет создания и районирования

Сорт	Учреждение-оригинатор	Признак	Цвет семян
1940-1960 гг.			
Кустовая без волокна 85 (год районирования – 1943)	Грибовская овощная селекционно-опытная станция	Растение кустовое, сорт среднеранний.	Коричневый
Сакса без волокна 615 (1943)	Завезен из Германии от фирмы Сакса, улучшен на Верхне-Хавской овощной опытной станции	Растение кустовое, сорт раннеспелый.	Желтый, с коричневым кольцом вокруг рубчика
Днепровская бомба (1956)	Всесоюзный научно-исследовательский институт кукурузы	Растение полувьющееся, индетерминантное, сорт позднеспелый.	Белый
1980–2000 гг.			
Горналь (1988)	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	Растение кустовое, компактное, сорт раннеспелый	Белый
Нерусса (1991)		Растение кустовое, раскидистое с нутирующей верхушкой. Сорт позднеспелый.	
2001–2009			
Шоколадница (2004)	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	Растение кустовое,компактное с нутирующей верхушкой. Сорт среднеспелый.	Коричневый
Гелиада (st.) (2009)		Растение кустовое, компактное. Сорт раннеспелый.	Охряной
Рубин (2001)			Вишневый
2010–2013			
Услава	ФГБНУ ФНЦ ЗБК совместно с «Агрофирмой СеДек»	Растение кустовое компактное. Сорт среднеспелый.	Белый
02-173	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	Растение кустовое компактное. Сорт раннеспелый.	Желтый
2016–2019 гг.			
Стрела (2016)	ФГБНУ ФНЦ ЗБК	Растение кустовое, компактное. Сорт среднеспелый. Высокопродуктивный.	Фиолетовый
Маркиза (2019)			Белый

Таблица 2 – Сортообразцы разного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР, 2019–2021 гг.

Номер каталога ВИР	Происхождение	Особенность	Цвет семян
к–15665	Сингапур	продуктивный	белый
к–15704	Таджикистан		красный пестрый
к–15108	Бразилия	раннеспелый	бежевый
к–15708	Ом ГАУ		фиолетовый
к–15433	Германия	продуктивный	желтый
к–15711	Без названия	высокотехнологичный	кремовые пестрые
к–15700	Бразилия		кремовый
к–15581	СибНИИРСХ		кремовый пестрый
к–15526	-	низкое содержание ингибиторов трипсина	белый
к–15459	Таджикистан	устойчивый к комплексу болезней	
к–13365	Франция	устойчивый к антракнозу	черный
к–2573	-	продуктивный	белый

Для разработки параметров перспективного сорта, в качестве стандарта был использован районированный по Орловской области сорт Гелиада – представляет собой растения детерминантного типа развития высотой 35-55 см с высотой прикрепления нижнего боба 15-29 см. Сорт раннеспелый 75-80 дней. Масса 1000 семян 280-350 г. Средняя урожайность в Орловской области 2,4 т/га.

Посев широкорядный (ширина междурядий – 45 см) рендомизированный, селекционный сеялкой СКС-6-10 в 3-х кратной повторности. Весовую норму (кг/га) высева семян вычисляли по формуле

$$НВ = \frac{Млн. всхожих\ семян(шт/га) * М_{1000\ семян}(г)}{лабораторная\ всхожесть\% * чистота\%} * 100, кг / га. \quad (Акулов\ А.С.\ и\ др.,\ 2010).$$

Норма высева составила 350 тысяч всхожих семян на 1 га, площадь делянки (S) – 6 м², уборка делянок однофазная, комбайном Сампо – 130.

Опыты проводили в севообороте лаборатории селекции зернобобовых культур ФГБНУ «Федеральный центр зернобобовых и крупяных культур» (ФГБНУ ФНЦ ЗБК) в 2012, 2013, 2018, 2019, 2020, 2021 гг.

Опыты закладывали по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Москва, 1989). Коллекционный материал изучали по методике ВИР (1975). Отбор и анализ снопов, учет урожайности семян, фенологические оценки проводили в соответствии с методологическими указаниями ВИР (2010).

Экологическую пластичность и стабильность генотипов определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell (1966), b_i – коэффициент регрессии определялся по формуле: $b_i = \sum X_{ij} + I_j / \sum I_j^2$;

Фотосинтетический потенциал (ФП) и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали по методическим рекомендациям А.А. Ничипоровича (1961).

Динамику накопления сухого вещества по органам растения изучали методом отбора растительных проб по 5–10 растений с делянки. Затем высушивали до абсолютно сухого веса в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

Число листьев на одном растении определяли методом прямого подсчета у 10 растений, повторность 3-х кратная. Площадь листьев определяли каждые 7–10 дней, весовым методом (Корнилов, 1971) с применением портативного фотопланиметра LI-3000C, фирмы LI-COR.

Изменение линейных параметров длины растения производили с помощью прямого измерения линейкой 10–15 растений на каждой делянке сорта.

Определение содержания белка (по Къельдалю) и технологическую оценку семян проводили в лаборатории физиологии и биохимии ФГБНУ ФНЦ ЗБК.

Статистическая обработка данных проведена с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel (Доспехов Б. А., 2012).

3 ОСОБЕННОСТИ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ ПРИ СЕЛЕКЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ (результаты исследования)

3.1 Особенности роста и развития различных сортов фасоли обыкновенной в условиях Орловской области

Ph. vulgaris L. Savi – теплолюбивая культура с большим диапазоном географического разнообразия продолжительности вегетационного периода. Его пределы колеблются от 60 до 200 дней и зависят от особенностей сорта, погодных условий, местности произрастания. В РФ в зонах, рекомендованных для возделывания культуры, востребованы среднеранние и среднеспелые сорта. Короткий вегетационный период решает многие проблемы: уход от ранних и поздних заморозков, от засухи, поражения болезнями и вредителями (Зайцев В. Н., 1999, Miyuts O. A., 2022).

В нашем изучении продолжительность вегетационного периода по вариантам опыта составляла от 65 до 110 дней (Таблица 3).

Таблица 3 – Продолжительность периода вегетации у сортов фасоли обыкновенной зернового использования, дней

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее
Кустовая без волокна 85	82	69	80	85	89	81
Сакса без волокна 615	80	71	65	70	74	72
Днепровская бомба	108	110	95	94	98	101
Горналь	81	69	77	84	82	79
Нерусса	106	108	92	88	98	98
Рубин	80	60	77	78	80	75
Шоколадница	81	69	85	87	89	82
Гелиада (st.)	80	71	77	82	80	78
Услада	82	79	82	78	82	81
02-173	77	69	77	78	80	76
Стрела	-	-	82	80	85	82
Маркиза	-	-	82	78	84	81

К среднеранним относятся сорта с продолжительностью вегетационного периода в годы исследования в среднем 71-80 дней: Сакса без волокна 651 – 72, Горналь – 79, Гелиада (st.) – 78, Рубин – 75, 02-173 – 76 дней.

К среднеспелым относятся сорта с периодом вегетации 81-90 дней: Кустовая без волокна 85–81, Шоколадница – 82, Услада – 81, Стрела – 82, Маркиза – 81 день.

К позднеспелым относятся сорта Нерусса (в среднем период вегетации составил 98 дней, и сорт Днепровская бомба со средним периодом вегетации 101 день).

Длительность периода вегетации изменялась у каждого сорта в зависимости от года произрастания.

Короткий период вегетации был отмечен у сортов: Рубин в 2013 г. – 60 дней, максимальный – 80 в 2012 и 2020 гг.; Сакса без волокна 615, варьировал от минимального значения 65 дней в 2018 г. до максимального 80 дней в 2012 г. В среднем период вегетации у сорта Рубин составлял 75 дней и 72 – у сорта Сакса без волокна 615.

Наступление хозяйственной спелости у сорта 02-173 по годам исследования варьировало от 69 до 80 дней, в среднем 76 дней. Максимальная степень выраженности признака по длительности периода вегетации наблюдалась у сорта Днепровская бомба (94-110 дней) в среднем – 101 день.

Продолжительность фенофаз: цветение – всходы, цветение – созревание изменялись у сортов в годы исследования (Таблица 4, Приложение В).

Длительность фенофаз: всходы-цветение изменялась от минимального 28 до максимального 58 дней, цветение-созревание варьировала от 31 до 63 дней.

Продолжительность фенофазы цветение–созревание изменялась от 35 у сорта Сакса без волокна 615 в 2018 г. до 63 дней у сорта Днепровская бомба в 2013 г. За годы исследования длительность фенофазы всходы–цветение у сортов Кустовая без волокна 85 и Сакса без волокна 615 составляла 30, у сорта Днепровская бомба 50 дней. Длительность фенофазы цветение–созревание у сортов

Кустовая без волокна 85 и Днепровская бомба – 51, у сорта Сакса без волокна 615 – 42 дня (Приложение В).

Таблица 4 – Длительность фенофаз сортов фасоли в среднем за годы исследования, дней

Сорт	Всходы-цветение	Цветение-созревание	Всходы-созревание
Кустовая без волокна 85	30	51	81
Сакса без волокна 615	30	42	72
Днепровская бомба	50	51	101
Горналь	33	45	79
Нерусса	45	53	98
Рубин	29	46	75
Шоколадница	40	42	82
Гелиада (st.)	34	44	78
Улада	36	45	81
02-173	31	46	77
Стрела	30	52	82
Маркиза	30	52	82

У сортов 1980-2000 гг. продолжительность фенофазы всходы-цветение изменялась от минимальной 30 у сорта Горналь в 2018 г. до максимальной 52 дня у сорта Нерусса в 2020 г. Длительность фенофазы цветение созревание изменялась от 36 у сорта Горналь до 61 дня у сорта Нерусса в 2013 г. В среднем длительность фенофазы всходы–цветение у сорта Горналь составляла 33, цветение созревание – 45; у сорта Нерусса всходы цветение – 45 дней, цветение – созревание – 53 дня.

Наименьшая продолжительности фенофазы всходы–цветение у сортов 2001-2009 гг. была отмечена у сорта Рубин – 26 в 2020 г., наибольшая у сорта Гелиада (st.) – 46 дней в 2012 г. У сортов Рубин и Шоколадница в 2013 г. наблюдалась наименьшая продолжительность фенофазы цветение-созревание – 31, наибольшая – в 2020 г. у сорта Рубин – 54 дня. В среднем межфазный период всходы–цветение длился у сорта Рубин 29 дней, у сорта Шоколадница – 40, у сорта Гелиада(st.) – 34.

Продолжительность периода вегетации цветение–созревание у сортов составляла: Рубин – 46, Шоколадница – 40, Гелиада (st.) – 44 дня.

У сортов в 2010-2013 гг. минимальное значение длительности фенофазы всходы–цветение было отмечено в 2018 г. у сорта 02-173 – 28 дней, максимальное в 2012 г. у сорта Улада – 42 дня. В среднем продолжительность фенофазы всходы–цветение варьировала от 31 дня у сорта 02-173 до 36 дней у сорта Улада. Наименьшая продолжительность периода вегетации цветение – созревание наблюдалась в 2018 г. у сорта 02-173, в 2019 г. у сорта Улада – 39 дней. В среднем у сортов фенофаза цветение–созревание длилась от 40 дней (Улада) до 46 дней (02-173).

Минимальная длительность фенофазы всходы–цветение наблюдалась в 2018 г. у сортов Стрела и Маркиза – 28 дней. Максимальная продолжительность фенофазы была отмечена у сорта Стрела в 2020 г. – 32 дня. Продолжительность межфазного периода цветение–созревание у сортов изменялась от 48 в 2020 г. до 57 дней в 2018 г. у сорта Стрела. У сортов Стрела и Маркиза в среднем продолжительность периодов вегетации составила: всходы–цветение – 30 дней; цветение–созревание – 52 дня. По многолетним результатам исследования минимальная продолжительность фенофазы всходы–цветение была выявлена у сорта Рубин в 2020 г. – 26 дней; максимальная в 2013 г. у сортов Днепроvская бомба и Нерусса – 47 дней. Наименьшая продолжительность вегетации цветение–созревание отмечали в 2013 г. у сорта Шоколадница – 31 день, максимальная у сорта Днепроvская бомба в 2013 г. – 63 дня.

Оптимальная продолжительность периода вегетации в условиях Орловской области 78–85 дней, наблюдалась у сортов: Стрела, Маркиза, Кустовая без волокна 85, Гелиада (st.), с длительностью межфазных периодов вегетации: всходы–цветение 28–32 дня, цветение–созревание 48–51 день.

Температура и количество осадков влияют на рост и развитие растений, в соответствии с ними изменяются степень проявления признаков основных элементов семенной продуктивности и уровень урожайности семян в целом.

3.1.1 Морфологические отличия и биологические свойства сортов фасоли обыкновенной отечественной селекции разных лет создания и районирования

Около 95% веществ биомассы урожаев – органические вещества, образовавшиеся в результате фотосинтеза. Максимальная биологическая продуктивность может быть достигнута, если фотосинтезирующая система (лист или посев) сможет осуществлять фотосинтез, используя фотосинтетически активную солнечную радиацию (ФАР) с максимально возможным коэффициентом полезного использования. Поэтому растения сельскохозяйственных культур должны обладать оптимальными оптическими и структурными параметрами фотосинтезирующей системы для обеспечения высоких урожаев, что представляет особый интерес для селекции на высокую и стабильную семенную продуктивность, поскольку строение фотосинтетического аппарата и фотосинтетических органов растения контролируется генами (Ничипорович А. А., 1977).

Облиственность растений и фотосинтетический потенциал. Для определения основных параметров перспективного сорта фасоли обыкновенной зернового использования, кроме основных признаков, отвечающих за высокую продуктивность и хозяйственную ценность культуры, необходимо рассмотреть признаки структурных показателей фотосинтетической системы растений для выявления взаимосвязей между основными параметрами фотосинтетической системы растений и урожайностью.

По результатам исследования наибольшей облиственностью в среднем характеризовались сорта: Днепровская бомба – 23 листа, 68 листовых пластин, площадь одной листовой пластины $20,9 \text{ см}^2$, общая площадь листьев одного растения $1424,5 \text{ см}^2$; Нерусса – 20 листьев, 61 листовая пластина, площадь одной листовой пластины – $16,6 \text{ см}^2$, общая площадь листовой поверхности – $1013,9 \text{ см}^2$. Сорта позднеспелые с продолжительностью вегетационного периода от 91 дня – 101 дня. Морфотип сорта Днепровская бомба – полувьющийся куст со множеством боковых побегов. Сорт Нерусса – имеет раскидистую форму ку-

ста со множеством ветвей и нутирующим побегом в апикальной части главного стебля. Днепро́вская бомба и Не́русса имели наибольший фотопотенциал (ФП) из всех сортов: 826,6 (тыс. м² • сут.)/га и 588,5 (тыс. м² • сут.)/га (Таблица5).

Таблица 5 – Структурные показатели листовой поверхности у сортов фасоли обыкновенной в фазу плоский боб и фотопотенциал в среднем за годы исследования

Сорт	Число на растении, шт.		Средняя площадь, см ²		ФП*, (тыс. м ² • сут.)/га.
	листьев	листовых пластин	одной листовой пластины	листьев на одном растении	
Кустовая без волокна 85	10	29	23,0	668,0	449,5
Сакса без волокна 615	9	26	33,8	879,2	523,2
Дне́провская бомба	23	68	20,9	1424,5	826,6
Го́рналь	9	28	31,2	874,5	566,2
Не́русса	20	61	16,6	1013,9	588,5
Рубин	6	17	36,7	624,0	387,4
Шоколадница	10	29	28,6	830,6	479,5
Гелиада (st.)	7	23	29,2	671,3	455,5
Услава	8	24	32,8	787,2	513,5
02-173	8	24	28,9	694,7	455,1
Стрела	8	24	29,3	702,4	421,2
Маркиза	8	23	41,8	960,8	518,1
НСР _{0,05}	2,8	8,2	-	-	-

Примечание: * ФП – фотосинтетический потенциал.

По величине фотопотенциала выделялись: Услава 513,5 ((тыс.м² • сут)/га) при средней площади листьев одного растения в фазу плоского боба – 787,2 см², Маркиза 518,1 ((тыс.м² • сут)/га) с площадью листьев одного растения 960,8 см², Сакса без волокна 615 с – 523,2 ((тыс.м² • сут)/га), с площадью листьев одного растения 879,2 см², с 9 листьями и 26 листовыми пластинами, сорт Горналь 566,2 ((тыс.м² • сут)/га) при площади листьев 874,5 см²).

Фотосинтетический потенциал растений напрямую зависит от средней величины площади листьев, сформировавшихся за период вегетации растений. Поэтому необходимо изучать динамику увеличения рабочей поверхности листовых пластин в онтогенезе.

Наибольшая скорость увеличения площади листовой поверхности у растений фасоли обыкновенной наблюдалась у сортов 1940-1950 гг. и 1980-2000 гг.

от всходов до полного цветения на 113,1% и на 174,9% соответственно. В период вегетации растений полное цветение–плодообразование, прирост площади листьев у сортов был незначительным: в среднем 3,7% на 1,5% соответственно. Темп формирования листовой поверхности по мере увеличения линейных размеров боба у изученных сортов резко возрастал на 98,2%; на 118,1% соответственно (Рисунок 3).

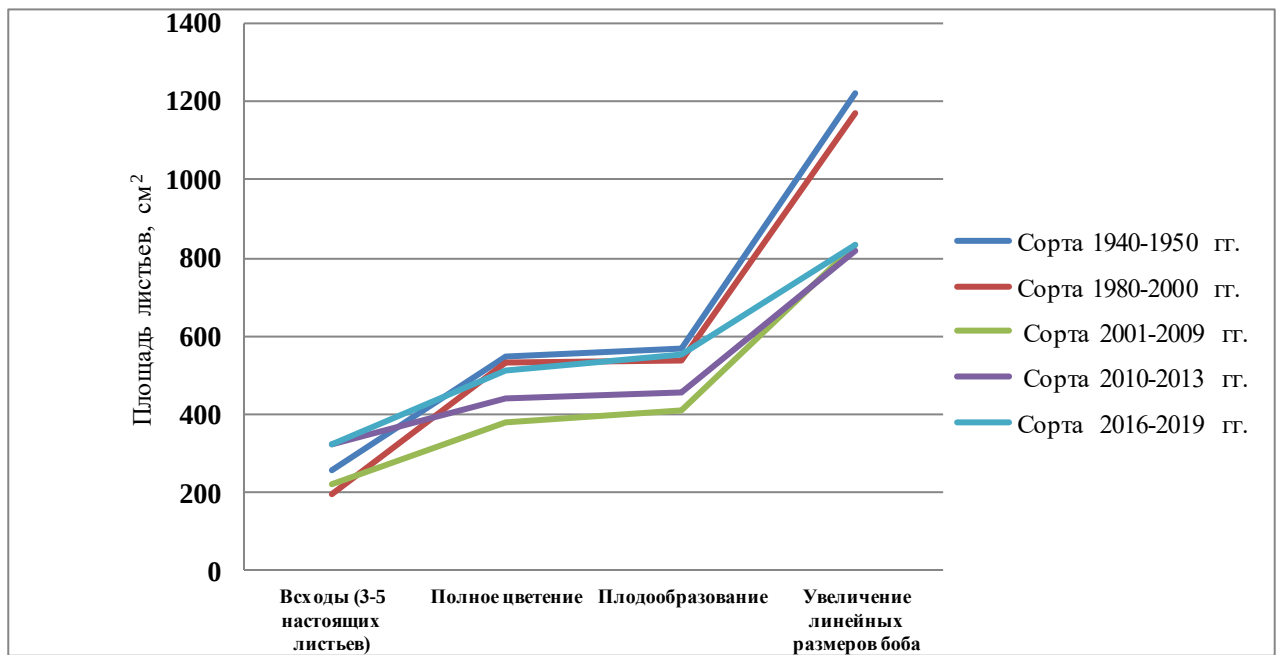


Рисунок 3 – Динамика изменения площади листовой поверхности растений фасоли обыкновенной в онтогенезе, см²

Скорость увеличения площади листовой поверхности у сортов 2001–2009 гг., 2010–2013 гг. и 2016–2019 гг. была ниже, прирост площади листовой поверхности от всходов до полного цветения составил в среднем 75,1, 58,4 и 37,1% соответственно. В период вегетации полное цветение–плодообразование площадь листовой поверхности увеличивалась незначительно: на 6,9% – у сортов 2001-2009 гг. создания, на 3,8% – у сортов 2010-2013 гг. создания; на 7,8% – у сортов 2016-2019 гг. создания. Темпы роста листовой поверхности по мере увеличения величины и изменения формы боба в изучаемых группах увеличивались на 104,8 %, на 79% на 51% соответственно (Рисунок 3).

Изучение динамики изменения площади поверхности листьев показало высокие темпы увеличения площади листовой поверхности от всходов (3-5 настоящих листьев) до полного цветения (начала плодообразования). Наряду с этим происходил активный рост и развитие растений, формировались элементы семенной продуктивности, но темпы прироста листовой поверхности снижались.

Резкий скачок прироста площади листа происходил по мере увеличения величины и изменения формы боба из-за возрастающей потребности в фотоассимилятах. Увеличение площади листовой поверхности происходит в основном за счет растяжения клеток тканей листа, в это же время начинается отток пластических веществ из листьев (Лаханов А. П., 1979). У большинства кустовых сортов фасоли обыкновенной листья опадают ближе к хозяйственной спелости.

Корреляция между средней площадью листьев в фазу плоского боба и урожайностью семян имела среднюю степень зависимости и составила $r = 0,55$.

Фотосинтетический потенциал сортов фасоли обыкновенной варьировал в зависимости от погодных условий, сложившихся в годы роста и развития растений. Анализ индекса среды (I_i – характеризует погодноклиматические условия, сложившиеся в годы исследования) показал, что сложившиеся в 2012, 2013, 2019 гг. погодные условия были неблагоприятны для роста и развития растений: I_i принимал отрицательные значения ($-0,14$; $-0,24$, $-0,30$, соответственно). Благоприятные условия для культуры сложились в 2020 г. – $I_i = 0,30$ (Таблица 6).

Таблица 6 – Фотосинтетический потенциал растений фасоли обыкновенной по годам возделывания, тыс.м² • сут./га

Сорт	Фотосинтетический потенциал (ФП), (тыс. м ² • сут)/ га				
	2012 г.	2013 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
Кустовая без волокна 85	443,85	395,68	500,44	458,00	449,5
Сакса без волокна 615	680,29	408,36	711,64	292,64	523,2
Днепровская бомба	955,91	553,12	975,01	822,18	826,6
Горналь	589,85	523,48	640,60	510,79	566,2
Нерусса	777,79	306,32	775,45	494,61	588,5
Рубин	354,35	603,17	355,11	236,93	387,4
Шоколадница	664,65	343,08	471,75	438,65	479,5
Гелиада(st.)	581,58	353,33	522,28	364,80	455,5
Услава	701,26	456,54	588,47	307,62	513,5
02-173	608,40	357,39	506,30	348,41	455,1
Стрела	-	-	499,06	343,38	421,2
Маркиза	-	-	658,38	377,91	518,1
I _i *	-0,14	-0,24	-0,30	0,30	-

*Примечание: здесь и далее в таблицах I_i – индекс среды определялся исходя из урожайности семян, полученной в годы исследования.

Минимальный фотопотенциал (ФП) был отмечен у сортов в условиях 2013 и 2020 гг.. Наименьшее значение ФП имели сорта Сакса без волокна 615 (292,64 тыс. м²сут/га) в 2020 году и сорта Нерусса в 2013 году (306,2 тыс. м²сут/га); максимальное у сорта Днепровская бомба в 2019 году (975,0 тыс. м²сут/га).

Наибольший фотосинтетический потенциал у сортов отмечался в неблагоприятные для роста и развития фасоли обыкновенной 2012 и 2019 гг. 2013 год был неблагоприятным для роста и развития растений (I_i = -0,24), ФП и урожайность семян были невысокими. В благоприятных погодных условиях 2020 года (I_i = 0,30) ФП изученных сортов был низким, но урожайность семян была максимальной за годы исследований (Таблица 6).

В неблагоприятных погодных условиях растение фасоли повышает свой фотосинтетический потенциал из-за необходимости обеспечить будущий урожай достаточным количеством фотоассимилятов и других пластических веществ, за счет увеличения площади ассимиляционной поверхности.

Изучение корреляционных связей за годы исследования в условиях Орловской области между урожайностью семян и величиной ФП выявили обратную зависимость, $r = -0,6$. Величина ФП напрямую зависит от периода вегетации растений фасоли, $r = 0,6$. Коэффициент корреляции для средних величин, полученных за годы исследования, чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) и продолжительности периода вегетации принимал отрицательное значение, $r = -0,25$ (чем дольше длится период вегетации у растений, тем ниже ЧПФ, что связано с особенностью зернобобовых культур - старением и отмиранием листовых пластин к фазе хозяйственной спелости).

Зависимость между величинами чистой продуктивности фотосинтеза и фотопотенциала практически отсутствовала, $r = -0,1$.

Чистая продуктивность фотосинтеза. Различная реакция генотипов на условия произрастания в годы исследования проявлялась в значительной разнице по величинам чистой продуктивности фотосинтеза независимо от года районирования сорта и характеризовалась резким колебанием по годам (Таблица 7).

Таблица 7 – Показатели чистой продуктивности фотосинтеза фасоли обыкновенной в фазу плоского боба, г/м²сут.

Сорт	Чистая продуктивность фотосинтеза					Период вегетации, дней
	год исследований					
	2012	2013	2019	2020	средняя	
Кустовая без волокна 85	9,3	3,6	2,60	11,7	6,8	82
Сакса без волокна 615	12,6	5,3	5,4	17,2	10,1	80
Днепровская бомба	9,4	5,8	6,0	5,4	6,6	103
Горналь	10,5	3,3	2,8	9,9	6,6	77
Нерусса	5,9	3,9	2,6	5,3	4,4	103
Рубин	6,8	3,0	2,4	5,8	4,5	77
Шоколадница	12,2	5,9	6,1	1,6	6,4	82
Гелиада (st.)	10,8	8,5	4,6	2,1	6,4	78
Услава	10,4	3,4	7,6	16,3	13,1	79
02-173	10,2	5,2	5,8	5,5	6,7	77
Стрела	-	-	5,0	16,4	10,7	81
Маркиза	-	-	2,7	6,4	4,6	81
НСР _{0,05}	-	-	-	-	5,2	9,4
I _j	-0,14	-0,24	-0,30	0,30	-	-

Минимальный и максимальный предел показателя ЧПФ в фазу плоского боба отмечен в 2020 г. у сортов Шоколадница 1,2 г/м²сут. и Сакса без волокна 615 17,2 г/м²сут. Наибольшая величина чистой продуктивности фотосинтеза отмечалась у сорта Улада в погодных условиях 2020 г. – 16,3 г/м²сут, а наименьшая 1,6 г/м²сут. у сорта Шоколадница в 2020 г.

Скорость накопления сухого вещества существенно различалась в зависимости от реакции генотипа на погодные условия года исследования. В 2012 и 2020 годах у большинства сортов наблюдались высокие значения ЧПФ в сравнении с 2013 и 2019 гг.

Зависимость величины ЧПФ от продолжительности вегетационного периода в годы исследования имели разные значения: в 2012 г. коэффициент корреляции составил, $r = -0,56$, в 2013 и 2019 гг. данный показатель был близок к нулю, $r = -0,01$, $r = 0,06$ соответственно. В 2020 г. коэффициент корреляции свидетельствовал о слабой прямой зависимости показателей друг от друга, $r = 0,26$. Коэффициент корреляции для средних величин ЧПФ и продолжительности вегетационного периода принимал отрицательное значение, $r = -0,25$ (чем продолжительнее вегетационный период у растений фасоли, тем ниже ЧПФ). Это связано с особенностью зернобобовых культур, в том числе и фасоли обыкновенной. Максимальная вегетативная масса растения формируется в процессе изменения величины и формы зеленого боба.

Выявлено, что величина ЧПФ зависит от погодных условий года возделывания сортов фасоли, так как скорость образования органического вещества и его распределение между органами растения зависит от суммы активных температур и количества выпавших осадков.

Изучение взаимосвязи между урожайностью семян и ЧПФ носили неоднозначный характер. Коэффициент корреляции в 2012 г. составил $r = 0,34$, в 2013 году $r = -0,39$, в 2019 году $r = 0,29$, а в 2020 г. $r = 0,26$. Коэффициент корреляции между средними значениями урожайности семян и ЧПФ за годы иссле-

дования имел значение $r = 0,32$ (чем выше ЧПФ, тем выше семенная продуктивность растений фасоли).

В фазе развития растения плоский боб, когда масса надземных органов у растения достигает максимума, провели анализ распределения сухого вещества по органам растения.

Показатели значений сухой массы одного растения в фазе плоского боба в годы исследования сильно варьировали в зависимости от сорта от 2,13 г до 34,14 г (Таблица. 8).

Таблица 8 – Сухая масса растения фасоли обыкновенной в фазе плоского боба, г

Сорт	2012	2013	2019	2020	Средняя
Кустовая без волокна 85	9,53	5,04	9,04	8,98	8,98
Сакса без волокна 615	19,36	4,14	18,46	9,73	12,92
Днепровская бомба	17,07	5,09	19,51	17,63	17,63
Горналь	13,99	4,06	15,08	14,53	14,53
Нерусса	9,97	2,13	10,11	14,09	14,09
Рубин	7,67	3,45	7,88	8,39	8,39
Шоколадница	14,85	4,33	14,34	13,12	13,12
Гелиада(st.)	12,55	5,81	10,19	11,80	11,80
02-173	13,13	2,82	13,73	13,15	13,15
Услада	16,14	3,27	16,35	13,34	13,34
Стрела	-	-	10,73	15,54	15,54
Маркиза	-	-	9,76	14,77	14,77

Наименьшая сухая масса одного растения фасоли формировалась в 2013 году: от 2,13 г (сорт Нерусса) до 5,81 г (сорт Гелиада (st.)).

В 2020 г. у всех сортов формировалась наибольшая сухая масса одного растения. Минимальное значение показателя в 2020 г. было отмечено у сорта Рубин – 8,39 г, максимальное у сорта Нерусса – 34,14 г.

В среднем наибольшая сухая масса одного растения отмечена у сортов Днепровская бомба (17,63 г) и Стрела (15,54 г).

В среднем сухая масса надземной части растения распределялась следующим образом: 34,3% от общей сухой массы приходилось на листья, 46,5% – центральный стебель с боковыми побегами, 19,2 % на бобы (Рисунок 4).

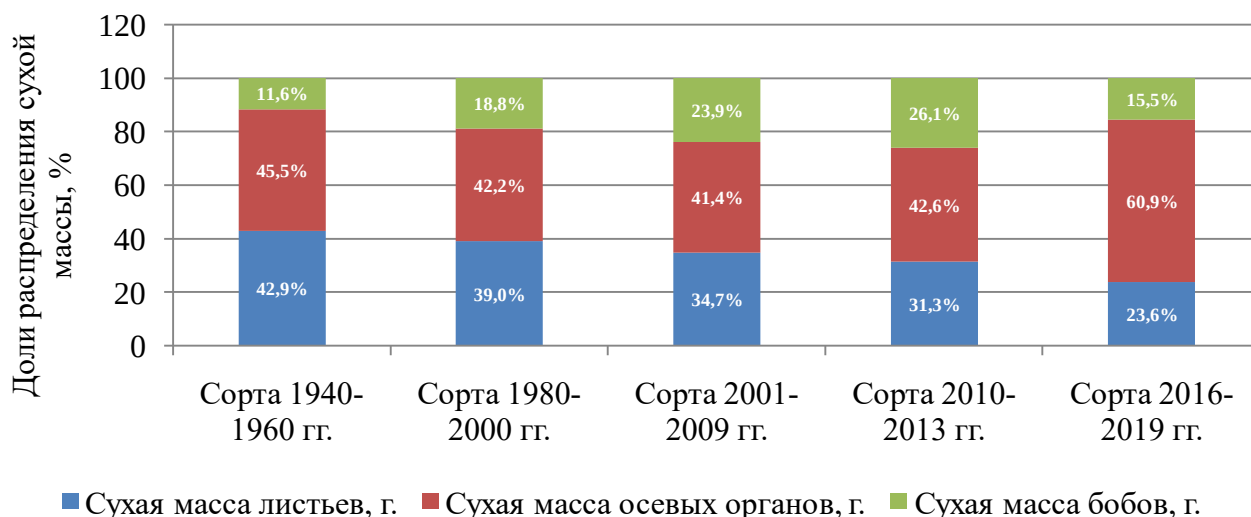


Рисунок 4 – Распределение сухой массы надземных органов растений фасоли обыкновенной разных годов районирования в фазе плоского боба, в среднем за годы исследования

Особенность распределения сухой массы по органам надземной части растений фасоли обыкновенной зависела от годов создания и районирования.

У сортов 1940-1960 гг. выявлено следующее соотношение долей сухой массы: 42,9% – листья, 45,5% – осевые органы растения, 11,6% – бобы.

Соотношение сухой массы надземных органов растений у сортов 1980-2000 гг. складывалось следующим образом: 39,0% – сухая масса листьев, 42,2% – осевые органы растения, 18,8% – бобы.

У сортов 2001–2009 гг. и 2010–2013 гг. соотношение сухой массы органов надземной части растений изменялось: увеличилась доля сухого вещества, приходящегося на бобы (23,9% и 26,1% соответственно), а на осевые органы 41,4% и 42,6% соответственно, доля сухого вещества листьев составила 34,7% у сортов 2001–2009 годов создания, и 31,3% у сортов 2010–2013 годов создания.

У сортов 2016–2019 гг. соотношение сухой массы надземных органов сместилось в сторону утяжеления осевых органов 60,9 % от общей сухой массы растений, 23,6% – листья и 15,5% – бобы.

Соотношения сухой массы органов надземной части растений, говорит о том, что в результате селекции кустовой фасоли по признакам, отвечающим за

высокую технологичность, произошло смещение в сторону утяжеления, осевых органов растений, что позволило свести к минимуму полегаемость посевов у современных сортов фасоли обыкновенной, позволяя растениям удерживать большее число бобов, обеспечивая их высокую продуктивность.

3.1.2 Формирование основных элементов продуктивности, урожайности семян и показателей технологичности

Для определения параметров высокопродуктивного перспективного сорта фасоли обыкновенной зернового использования необходимо изучить особенности формирования основных элементов семенной продуктивности: число бобов на растении, число семян с растения, число семян в бобе, масса семян с растения, масса 1000 семян.

Величина признака число бобов на растении у сортов фасоли обыкновенной разных годов создания изменялась в зависимости от условий года произрастания от 4 до 38 шт. (Таблица. 9).

Таблица 9 – Число бобов на растении у сортов фасоли, шт.

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее
Кустовая без волокна 85	5	7	14	12	11	10
Сакса без волокна 615	9	7	7	10	10	9
Днепровская бомба	6	12	16	5	20	12
Горналь	11	10	7	16	23	13
Нерусса	12	14	18	17	22	17
Рубин	9	4	6	9	11	8
Шоколадница	13	6	17	13	14	13
Гелиада (st.)	8	5	12	8	14	9
Услава	11	10	21	14	17	15
02-173	11	10	8	8	12	10
Стрела	-	-	14	12	18	15
Маркиза	-	-	12	11	13	12
НСР _{0,05}	0,32	0,47	0,69	1,83	1,93	0,94

У сортов 1940–1960 гг. наименьшее число бобов, сформированных на одном растении наблюдалось у сортов Кустовая без волокна 85 в 2012 году и Днепровская бомба в 2019 году – 5 шт. В 2020 г. растения сорта Днепровская бомба

имели в среднем 20 бобов, что явилось наибольшей величиной признака среди сортов 1940–1960 гг. В среднем сорт Днепровская бомба имел максимальную величину по признаку число бобов на растении – 12 шт.

Сорта 1980–2000 гг. создания формировали на растениях в среднем от 12 до 23 бобов. Наименьшее число бобов на растении формировал сорт Горналь в 2018 г. – 7 шт. в 2020 г. – 23 шт. В среднем за все годы исследований сорт Нерусса имел наибольшее значение показателя – 17 бобов на растении.

У сортов 2001–2009 гг. величина признака число бобов на растении варьировала в среднем по группе от 5 до 13 шт. на растении. Минимальное число бобов на растении отмечалось у сорта Рубин в 2013 г. – 4 шт. Максимальное число бобов формировали растения сорта Шоколадница в 2018 г. – 17 шт., в среднем в группе во все годы исследований 13 шт.

У сортов 2010–2013 гг. значение признака число бобов на растении варьировало от 10 до 15 шт. Минимальное число бобов на растении отмечалось в 2018, 2019 гг. у сорта 02-173 – 8 шт., максимальное у сорта Улада в 2018 г. – 21 шт.

Сорта 2016–2019 гг. в среднем формировали от 12 до 16 бобов на растении. Наименьшее число бобов отмечалось у сорта Маркиза в 2019 г. – 11 шт./раст, максимальное – 18 шт. у сорта Стрела в 2020 г. Из всех изученных, сорта Маркиза и Стрела имели наиболее стабильное проявление признака число бобов на растении. У сорта Маркиза величина признака варьировала от 11 до 13 шт./раст. (в среднем 12 шт.), у сорта Стрела изменялась от 12 до 18 шт. /раст. (в среднем 15 шт.).

У детерминантных кустовых растений наибольшее число бобов формировалось в среднем и верхнем ярусах, у индетерминантного сорта фасоли Днепровская бомба большая часть бобов формировалась в нижнем и среднем ярусах.

Коэффициент вариации для признака число бобов на растении составил 21,43%, что говорит о высокой степени его изменчивости.

Коэффициенты корреляции зависимости величины проявления признака число бобов на растении от продолжительности межфазных периодов, в среднем за годы исследований, имели следующие значения: всходы–цветение $r = 0,53$ (в данную фенофазу растение закладывает продуктивные узлы. Чем дольше длится этот период, тем большее число бобов способно сформировать растение); цветение–созревание $r = 0,35$ (наибольшее число бобов завязывается на растении вначале фенофазы цветение); всходы–созревание $r = 0,64$ (чем продолжительнее период вегетации, тем выше степень проявления признака число бобов на растении).

Величина признака число семян в бобе за годы исследования изменялась от минимального значения 2, до максимального – 4 шт. в бобе. В среднем у сортов в бобе завязывалось по 3 семени. Исключением были сорта Горналь и Нерусса – в 2019 г. формировали по 2 семени. Сорта Днепровская бомба (в 2013 г.), Нерусса (в 2018 г.), Шоколадница (2012, 2020 гг.), 02-173 (в 2012 г.) и Маркиза (в 2020 г.) в среднем формировали по 4 семени в бобе (Таблица 10).

Таблица 10 – Число семян в бобе у сортов фасоли, шт.

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее
Кустовая без волокна 85	3	3	3	3	3	3
Сакса без волокна 615	3	3	3	3	3	3
Днепровская бомба	3	4	3	3	3	3
Горналь	3	4	3	2	3	3
Нерусса	3	3	4	2	3	3
Рубин	3	3	3	3	3	3
Шоколадница	4	3	3	3	4	3
Гелиада (st.)	3	3	3	3	3	3
Услада	3	3	3	3	3	3
02-173	4	3	3	3	3	3
Стрела	-	-	3	3	3	3
Маркиза	-	-	3	3	4	3
НСР _{0,05}	0,06	0,18	0,03	0,10	0,14	0,10

Признак число семян в бобе имел среднюю степень изменчивости $C_v = 11,99\%$.

Признак число семян с растения отличался широким спектром внутривидовой генотипической изменчивости. Его вариабельность составила от 9 штук до 68 штук (Таблица 11).

Таблица 11 – Число семян с растения у сортов фасоли, шт.

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее
Кустовая без волокна 85	18	24	53	36	35	33
Сакса без волокна 615	24	18	25	36	34	27
Днепровская бомба	19	51	57	14	68	42
Горналь	29	38	23	38	27	31
Нерусса	36	43	45	44	48	43
Рубин	21	9	16	21	31	20
Шоколадница	46	25	57	42	52	44
Гелиада(st.)	22	11	32	21	45	26
Улада	36	37	61	43	55	46
02-173	34	21	27	22	30	27
Стрела	-	-	48	32	60	47
Маркиза	-	-	42	38	49	43
НСР _{0,05}	2,97	4,87	3,40	4,95	5,08	4,81

У сортов 1940–1960 гг. минимальный и максимальный пределы признака были отмечены у сорта Днепровская бомба в 2019 году – 14 шт. в 2018 г. – 57 шт./раст. В среднем признак варьировал от 27 (Сакса без волокна 615) до 42 шт. (Днепровская бомба) /раст.

У сортов 1980–2000 гг. минимальное число семян с растения было отмечено в 2018 г. – 23 шт./раст. у сорта Горналь. Максимальное число семян с растения было отмечено у сорта Нерусса – 102 шт. с растения в 2018 г. Наибольший интервал вариации признака наблюдался у сорта Нерусса от 36 до 102 шт., в среднем – 72 шт./раст.

У сортов 2001–2009 гг. наименьшее число семян завязывалось в 2013 г. у растений сорта Рубин – 9 шт./раст. наибольшее в 2018 г. – 57 шт./раст. у сорта

Шоколадница. Величина признака число семян с растения варьировала в среднем от 20 (сорт Рубин) до 44 шт./раст. (сорт Шоколадница).

У сортов 2010–2013 гг. наименьшее число семян с растения завязывалось у сорта 02-173 в 2013 г. – 21, наибольшее у сорта Улада в 2018 году – 61 шт./раст. В среднем число семян с растения у сорта Улада составляло 46, у сорта 02-173 – 26 шт./раст.

У растений сортов 2016–2019 гг. минимальное и максимальное значения признака отмечались у сорта Стрела в 2019 и 2020 гг. – 32 и 60 шт./раст. соответственно. В среднем число семян с растения у сорта Стрела составляло – 47, у сорта Маркиза – 43 шт./раст.

Коэффициент вариации признака – 28,39%.

Изучение коэффициентов корреляции степени проявления признака число семян с растения от длительности межфазных периодов выявило прямую степень зависимости для всех изученных периодов: всходы–цветение $r = 0,60$; цветение–созревание $r = 0,45$; всходы–созревание $r = 0,74$. Распределение коэффициентов корреляции соответствовало закономерности выявленной для величины проявления признака число бобов с растения в зависимости от продолжительности фенофаз.

Масса семян с растения – важный элемент структуры урожая, вклад которого обеспечивает его потенциальный уровень. По вариантам изучения степень выраженности признака изменялась от 3,82 г до 24,19 г (Таблица 12).

У сортов 1940-1960 гг. минимальная величина проявления признака была отмечена у сорта Кустовая без волокна 85 в 2012 г. 4,13 г, максимальная у сорта Днепровская бомба в 2020 г. – 24,19 г. Средние значения показателя у сортов составляли: Кустовая без волокна 85 – 10,10 г, Сакса без волокна 615 – 9,71 г, Днепровская бомба – 14,49 г.

У сортов 1980–2000 гг. наименьшая и наибольшая масса семян с растения была выявлена у сорта Нерусса в 2012 и 2020 гг. – 6,32 и 14,72 г, соответственно.

Таблица 12 – Масса семян с растения у сортов фасоли, г

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее
Кустовая без волокна 85	4,13	9,36	14,83	10,55	11,64	10,10
Сакса без волокна 615	6,93	6,33	8,30	14,41	12,60	9,71
Днепроовская бомба	5,71	17,17	20,01	5,39	24,19	14,49
Горналь	7,67	9,46	8,00	14,34	10,23	9,94
Нерусса	6,32	9,49	14,72	9,88	9,55	9,99
Рубин	10,15	3,82	7,56	8,2	15,65	11,87
Шоколадница	10,01	7,39	16,53	11,03	14,38	11,87
Гелиада (st.)	6,12	4,06	12,82	8,74	18,52	10,05
Услава	7,61	10,54	17,30	12,81	17,12	13,08
02-173	8,34	7,43	9,83	8,33	10,37	8,86
Стрела	-	-	13,60	8,90	17,56	13,35
Маркиза	-	-	16,22	15,99	18,86	17,02
НСР _{0,05}	0,91	1,55	1,53	1,21	3,33	1,40

В среднем по результатам изучения масса семян с растения сорта Нерусса составила 9,99 г.

Интервал генотипического варьирования признака масса семян с растения сорта Горналь менялся от минимального –7,67 (в 2012 г.) до максимального 14,34 г (2019 г.). В среднем масса семян с растения сорта фасоли Горналь составила 9,94 г.

У сортов 2001– 2009 гг. минимальное значение отмечено у сорта Рубин в 2013 году – 3,82 г, максимальное у сорта Гелиада (st.) в 2020 г. – 18,52 г. Наименьший интервал варьирования признака масса семян с растения выявлен у сорта Шоколадница от 7,39 (2013 г.) до 16,53 г (в 2018 году), среднее значение признака составило 11,87 г. Средняя масса семян с растения у сортов Рубин и Гелиада (st.) составляла 11,87 и 10,05 г соответственно.

У сортов 2010–2013 гг. наименьшая масса семян с растения была отмечена у сорта 02-173 в 2013 г. – 7,43, а максимальная у сорта Услава 17,12 г в 2020 г. В среднем по результатам исследований, наибольшим значением массы

семян с растения выделился сорт Услава – 13,08 г. У сорта 02-173 средняя масса семян с растения составила – 8,86 г.

У сортов 2016–2019 гг. минимальная масса семян с растения была отмечена у сорта Стрела в 2019 г. 8,90 г, максимальная у сорта Маркиза 18,86 г – в 2020 г. Сорт Маркиза характеризовался стабильно высоким значением признака в годы исследований, масса семян с растения варьировала от 15,99 до 18,86, в среднем составила 17,02 г. У сорта Стрела средняя масса семян с растения составила 13,35 г.

Коэффициент вариации признака по результатам составил 18,46 %.

Изучение коэффициентов корреляции величины проявления признака масса семян с растения от длительности межфазных периодов выявило среднюю прямую степень зависимости между ними: $r = 0,47$ – (масса семян с растения – длительность периода всходы–цветение); $r = 0,58$ (масса семян с растения – длительность периода цветение–созревание) $r = 0,69$ (масса семян с растения – длительность периода всходы–созревание).

Признак масса 1000 семян зависит от условий выращивания, особенностей генотипа и его селекционной проработки. По размеру семян сорта распределены по группам следующим образом: – мелкие (201–250) – 1.; – средние (251–300) – 3, (301–400) – 7; – крупные (401–650) – 1 шт. (Таблица 13).

Таблица 13 – Масса тысячи семян у сортов фасоли, г

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее
Кустовая без волокна 85	229	390	280	293	333	305
Сакса без волокна 615	289	352	332	400	371	349
Днепровская бомба	301	337	351	385	356	346
Горналь	264	249	348	377	379	323
Нерусса	176	221	168	225	199	198
Рубин	483	424	473	390	505	455
Шоколадница	218	296	290	263	277	269
Гелиада (st.)	278	369	401	416	412	375
Услава	211	285	284	298	311	278
02-173	245	354	364	379	346	338
Стрела	-	-	283	278	293	285
Маркиза	-	-	386	421	385	397
НСР _{0,05}	21,02	19,72	14,55	22,49	16,23	10,76

Сорта 1940–1960 гг. по размеру семян относятся к группе среднесеменных: масса 1000 семян сортов: Кустовая без волокна 85 – 305, Сакса без волокна 615 – 349, Днепровская бомба – 346 г. Минимальное значение признака масса 1000 семян было отмечено у сорта Кустовая без волокна 85 в 2012 г. – 229 г, максимальная 400 г у сорта Сакса без волокна 615 в 2019 г.

Сорта 1980-2000 гг. имели средний размер семян. Сорт фасоли обыкновенной Горналь имел массой 1000 семян 323 г, сорт средняя масса 1000 семян – 218 г (мелкосеменной).

Сорт Нерусса обладал наименьшей массой 1000 семян 168 г в 2018 году, сорт Горналь имел наибольшую массу 1000 семян 379 г (в 2020 году).

У сортов 2001–2009 гг. минимальную массу 1000 семян формировал сорт Шоколадница в 2012 году – 218 г, максимальную сорт Рубин в 2020 г. – 505 г. Средняя масса 1000 семян у сортов 2001–2009 годов создания составила: Шоколадница – 269 г и Гелиада (st.) 375 г (средние семена); Рубин – 455 г (крупные семена).

Сорта 2010–2013 гг. имеют семена среднего размера. Наименьшая масса 1000 семян была отмечена у сорта Услава в 2012 г. – 211, наибольшая у сортообразца 02-173 – 379 г в 2019 г. В среднем масса 1000 семян у сорта Услава составила 278, у сорта 02-173 – 338 г.

Сорта 2016–2019 гг. имеют семена среднего размера. Минимальное значение величины признака отмечалась у сорта Стрела в 2019 г. – 278 г, максимальное – у сорта Маркиза в 2019 году 421 г. Сорт Стрела в среднем за годы исследований имел массу 1000 семян 285 г, сорт Маркиза в среднем 397 г.

По годам изучения характер генотипической изменчивости количественных признаков семенной продуктивности сортообразцов в основном зависел от их морфологических особенностей и метеоусловий периода вегетации.

Коэффициент вариации признака составил 14,20%.

Урожайность семян фасоли за годы исследований по вариантам изучения варьировал от 1,70 до 3,70 т/га (Таблица 14).

Таблица 14 – Урожайность семян фасоли, т/га

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее
Кустовая без волокна 85	2,25	2,00	2,30	2,35	3,00	2,38
Сакса без волокна 615	2,05	1,83	2,30	2,20	2,40	2,16
Днепровская бомба	1,70	2,00	2,60	2,35	2,85	2,30
Горналь	1,95	2,09	2,25	2,20	3,05	2,31
Нерусса	2,05	2,25	2,30	2,20	2,45	2,25
Рубин	2,05	2,00	2,40	2,10	2,50	2,21
Шоколадница	2,65	2,09	2,30	2,35	2,40	2,36
Гелиада(st.)	2,15	2,00	2,30	2,25	2,65	2,27
Услава	2,20	2,00	2,50	2,40	3,25	2,47
02-173	2,20	1,83	2,30	2,25	2,65	2,25
Стрела	-	-	2,60	2,55	3,70	2,95
Маркиза	-	-	2,45	2,40	3,25	2,70
НСР _{0,05}	0,09	0,03	0,66	0,12	0,68	0,09
C _v , %	11,43	6,11	5,24	5,32	14,50	9,55

За годы исследований минимальный уровень урожайности семян наблюдался у позднеспелого индетерминантного сорта Днепровская бомба – 1,70, максимальный у среднеспелого сорта Стрела – 3,48 т/га.

У сортов 1940–1950 гг. минимальная урожайность семян был отмечена в 2012 г. – Днепровская бомба 1,70, максимальная – Кустовая без волокна 85 в 2020 г. – 3,00.

У сорта Горналь наименьший уровень урожайности отмечен в 2012 г. – 1,95, а наибольший в 2020 г. – 3,05 т/га.

За годы исследования сорта 2001–2009 гг. формировали урожайность выше 2,00 т/га. Минимальный уровень урожайности был отмечен у сортов Рубин и Гелиада (st.) в 2013 г. – 2,00, максимальный у сорта Рубин 2,50 т/га в 2020 г.

У сортов 2010–2013 гг. номер 02-173, Услава наименьшая урожайность семян была получена в 2013 г. – 1,83, наибольшая в 2020 г. – 3,25 т/га, соответственно.

У сортов 2016–2019 гг. – Маркиза, Стрела минимальная урожайность семян отмечена в 2019 г. – 2,4 т/га, максимальная в 2020 г. – 3,70 т/га, соответственно.

В среднем по результатам изучения минимальный урожай семян был получен у сортов 1940-1960 гг. в 2012 году – 1,70 т/га (Днепровская бомба). Максимальный урожай сформировали сорта Стрела – 2,95 т/га и Маркиза – 2,70 т/га.

Таким образом анализ коэффициентов корреляции влияния длительности межфазных периодов на формирование урожая семян фасоли обыкновенной зернового использования за годы исследований показал слабое отрицательное влияние длительности периода вегетации всходы–цветение на величину урожая $r = -0,24$; прямую среднюю зависимость величины урожайности семян от длительности периода вегетации цветение–созревание $r = 0,41$; слабую прямую зависимость урожайности семян от длительности периода всходы–созревание $r = 0,05$.

Таким образом, урожайность семян в большей степени зависит от длительности периода вегетации цветение–созревание, где происходит активное плодообразование с последующим созреванием бобов и семян.

Средняя величина урожайности семян фасоли обыкновенной зернового использования полученная за годы исследований в условиях Орловской области, в значительной степени зависела от показателей основных элементов семенной продуктивности, а именно, числа семян с растения ($r = 0,74$), числа бобов на растения ($r = 0,64$), массы семян с растения ($r = 0,69$).

Взаимосвязи между формированием элементов семенной продуктивности и урожайностью семян от времени создания сорта выявлено не было. Величина их проявления, главным образом, зависела от реакции генотипа на сложившиеся в годы вегетации погодные условия.

Показатели технологичности сортов фасоли обыкновенной. Фасоль обыкновенная характеризуется большим разнообразием морфотипов. При разработке параметров перспективного сорта фасоли обыкновенной важным фактором являются показатели технологичности, которые оцениваются по совокупности морфологических признаков культуры.

Среди изученных сортов фасоли обыкновенной наименьшая длина стебля – 37 см наблюдалась у сорта Рубин, максимальная – 83 см у сорта Днепровская

бомба (Рисунок. 5). Коэффициент вариации признака – длина стебля составлял $C_v = 26\%$.

Наименьшая высота прикрепления нижнего боба наблюдалась у сорта Днепровская бомба – 16, наибольшая – 23 см у сорта Шоколадница, $C_v = 18\%$. Коэффициент вариации признака длина боба имел значение $C_v = 15\%$, наименьшая длина боба была отмечена у сорта Нерусса – 8, максимальная у сорта Маркиза – 14 см.

Длина корневой шейки до первого междоузлия варьировала от минимального значения – 1 см у сортов Нерусса и Горналь, до максимального – 3,5 см у сорта Шоколадница, $C_v = 17\%$.

По результатам исследований была проведена оценка сортов по устойчивости к полеганию. Наименее устойчивыми были сорта Днепровская бомба и Нерусса – 3 балла, с числом бобов на растении 12 и 21 шт. соответственно. Наибольшая устойчивость к полеганию была выявлена у сортов: Кустовая без волокна 85, Сакса без волокна 615, Гелиада (st.), Рубин, Стрела и Маркиза – 5 баллов с числом бобов на растении от 8 до 15 шт. (Рисунок 6).

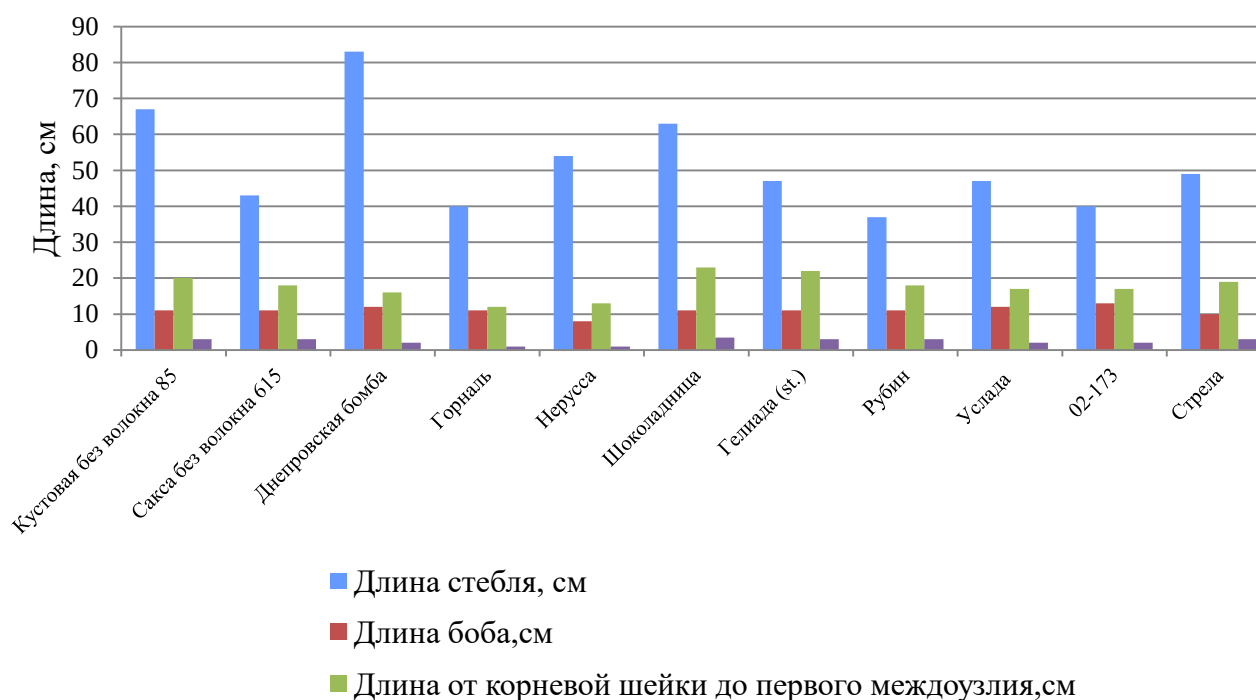


Рисунок 5 – Показатели способствующие выявлению признаков высокой технологичности фасоли в среднем за годы исследования

Примечание: *ВПНБ – высота прикрепления нижнего боба.

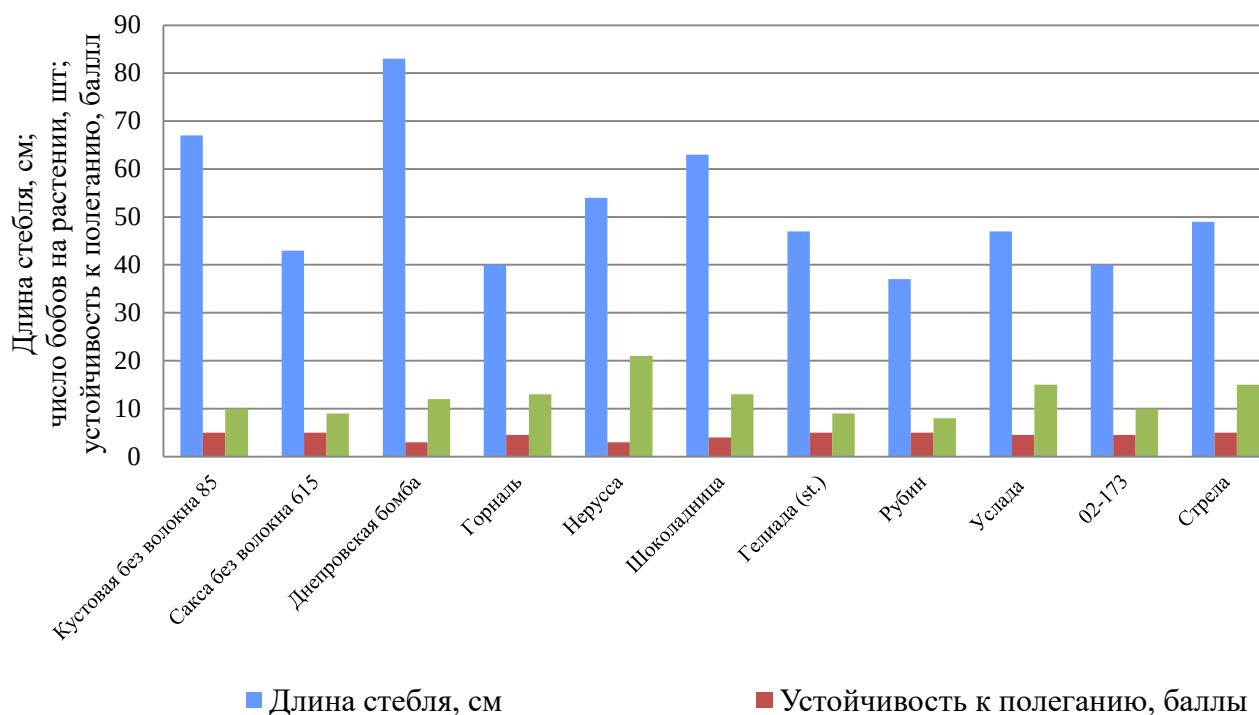


Рисунок 6 – Длина стебля и устойчивость к полеганию изученных сортов фасоли обыкновенной, в среднем 2012, 2013, 2018, 2019, 2020 гг.

Оптимальное соотношение величин признаков, повышающих технологичность фасоли, наблюдалось у сортов: Кустовая без волокна 85, Сакса без волокна 615, Гелиада (st.), Рубин, Стрела и Маркиза.

В результате изучения показателей, влияющих на технологичность фасоли обыкновенной, была выявлена сравнительно высокая степень их изменчивости в зависимости от генотипа.

3.1.3 Анализ коэффициентов экологической пластичности сортов по урожайности семян

Уровень семенной продуктивности растений является результатом взаимодействия условий произрастания и ответной реакции генотипа на совокупность этих изменений, и отражается на конечной величине урожая семян. Одной из основных задач, стоящих перед селекционерами, является отбор и создание генотипов растений, обладающих устойчивостью к неблагоприятным факторам среды как по годам возделывания культуры, отличающимися погодными усло-

виями одного региона, так и в различных эколого-географических условиях Российской Федерации. В связи с этим, при разработке оптимальных параметров перспективного сорта наряду с основными элементами структуры урожая, необходимо изучить показатели экологической пластичности и стабильности сорта, взаимодействие факторов *генотип* × *среда*, вклад каждого из них в формирование урожая фасоли обыкновенной, как конечной цели производства.

Максимальная урожайность семян отмечена у сорта Стрела в 2020 г. – 3,70 т/га, на 1,10 больше, чем в 2018 г. и на 1,15 т/га больше, чем в 2019 г. У сорта Маркиза в 2020 г. урожайность семян составила 3,25 т/га, больше, чем в 2018 г. на 0,80, и на 0,85 т/га в 2019 г. У сорта Кустовая без волокна 85 – 3,00 т/га в 2020 г., больше на 1,0, чем в 2013 г.; у сорта Горналь – 3,05 т/га, на 1,1 т/га выше, чем в 2012 году (Таблица 15).

Таблица 15 – Коэффициенты экологической пластичности и стабильности сортов фасоли обыкновенной, по урожайности семян, т/га

Сорт	2012	2013	2018	2019	2020	b_i^*	σ_d^{2**}
Кустовая без волокна 85	2,25	2,00	2,30	2,35	3,00	0,47	0,006
Сакса без волокна 615	2,05	1,83	2,30	2,20	2,40	0,24	0,002
Днепровская бомба	1,70	2,00	2,60	2,35	2,85	0,48	0,007
Горналь	1,95	2,09	2,25	2,20	3,05	0,53	0,008
Нерусса	2,05	2,25	2,30	2,20	2,45	0,15	0,001
Рубин	2,05	2,00	2,40	2,10	2,50	0,25	0,002
Шоколадница	2,65	2,09	2,30	2,35	2,40	0,05	0,001
Гелиада (st.)	2,15	2,00	2,30	2,25	2,65	0,30	0,003
Услава	2,20	2,00	2,50	2,40	3,25	0,61	0,011
02-173	2,20	1,83	2,30	2,25	2,65	0,34	0,004
Стрела	-	-	2,60	2,55	3,70	1,76	0,068
Маркиза	-	-	2,45	2,40	3,25	1,53	0,052
$НСР_{0,05}$	0,09	0,03	0,66	0,12	0,68	-	-
$C_v, \%$	11,43	6,11	5,24	5,32	14,50	-	-
I_i	-0,14	-0,24	0,00	-0,30	0,30	-	-

Примечание: b_i^* – коэффициент регрессии; σ_d^{2**} – коэффициент экологической стабильности

Анализ коэффициентов экологической пластичности сортов (b_i) по урожайности семян показал, что наиболее отзывчивыми на улучшение условий вы-

ращивания были сорта интенсивного типа Стрела и Маркиза, с коэффициентами регрессии $b_i = 1,76$, и $b_i = 1,53$ соответственно. Наименьшими значениями коэффициента b_i характеризовались сорта: Сакса без волокна 615 из ($b_i=0,24$), Рубин ($b_i= 0,25$), Шоколадница ($b_i=0,05$) и Нерусса, ($b_i=0,15$)- сорта экстенсивного типа, с низкой или нейтральной реакцией на изменение условий выращивания (Таблица 15).

Коэффициент экологической стабильности σ_d^2 у сортов фасоли обыкновенной варьировал от 0,0001 до 0,068. Максимальные значения коэффициента σ_d^2 выявлены у сортов Стрела ($\sigma_d^2 = 0,068$) и Маркиза ($\sigma_d^2 = 0,052$), с меньшей экологической стабильностью. Урожайность семян этих сортов, в большей степени зависит от условий произрастания, чем у сортов с коэффициентом σ_d^2 наиболее приближенным к 0. Наибольшую степень экологической стабильности среди исследованных сортов проявлял сорт Шоколадница $\sigma_d^2 = 0,0001$ (Таблица 15).

По величине коэффициента экологической пластичности в процентном соотношении сорта распределились следующим образом: 50 % сорта с коэффициентом экологической пластичности от 0,30 до 0,61; 33 % доля сортов с $b_i < 1$; 17% – сорта с $b_i > 1$.

По результатам дисперсионного анализа рассчитано воздействие факторов: условия года произрастания, генотип, их совместное влияние на урожайность сортов фасоли обыкновенной в условиях Орловской области (Таблица 16).

Таблица 16. Дисперсионный анализ урожая семян фасоли обыкновенной

Источник варьирования	Число степеней свободы (df)	Сумма квадратов отклонений (SS)	Средний квадрат отклонений (mS)	Критерий Фишера (F)	Доля влияния фактора, %
Общее	59	8,44	-	-	100
Фактора А (год)	4	3,57	0,89	5,73*	29,8
Фактор В (сорт)	11	2,87	0,26	19,67*	23,8
Взаимодействие (АхВ)	12	0,57	0,08	0,62*	4,8
Повторности	3	1,25	0,42	5,47*	10,4
Случайные факторы	44	2,00	0,05	-	16,6

Примечание: *Достоверно при $P < 0,001$

На величину урожая семян оказывали влияние: погодные условия, доля составляла 29,8%; генотип – доля 23,8%. Взаимное влияние факторов «генотип х среда» на урожай семян составило 4,8%. Действие случайных факторов определялось на уровне 16,6%.

Анализ коэффициентов экологической пластичности сортов (b_i) по урожайности семян показал, что наиболее отзывчивыми на улучшение условий выращивания (температурного режима, количества осадков) были сорта с высокими показателями комплекса хозяйственно-ценных признаков: Стрела ($b_i=1,76$) и Маркиза ($b_i=1,56$). Сорта могут быть рекомендованы к использованию при подборе родительских пар, в связи селекцией на высокую продуктивность семян.

3.1.4 Биохимический состав семян

Фасоль обыкновенная – продовольственная культура, сбалансированная по основным группам питательных веществ, способствующих долголетию жизни (Таблица17).

Таблица 17 – Биохимический состав семян сортообразцов фасоли обыкновенной разных периодов селекции, %, 2018-2020 гг.

Сорт	Вода	Жир	Протеин	Зола	Клетчатка	БЭВ
Кустовая без волокна 85	8,90	1,20	26,25	3,85	4,75	55,25
Сакса без волокна 615	9,60	1,20	23,75	3,20	4,75	57,70
Днепровская бомба	9,25	1,40	24,90	3,80	4,20	56,60
Горналь	8,75	1,10	24,70	3,25	4,70	57,50
Нерусса	9,05	1,20	25,55	3,90	4,25	53,05
Рубин	9,35	0,90	27,85	3,25	4,55	54,10
Шоколадница	8,95	1,15	23,25	3,75	4,75	57,70
Гелиада (st.)	8,95	1,25	27,90	3,80	3,80	54,60
Услава	9,40	0,80	27,15	3,70	4,90	54,05
02-173	9,85	1,00	25,10	3,25	4,85	58,20
Стрела	9,60	1,15	25,25	3,50	5,35	55,15
Маркиза	9,60	1,05	27,05	3,55	5,20	53,55
НСР _{0,05}	0,57	0,19	2,27	0,36	0,56	2,51

Содержание протеина в семенах варьировало в пределах от 23,25 до 27,90%. Высокобелковыми оказались семена сортов: Маркиза – 27,05%, Услада – 27,15% , Рубин – 27,85% и Гелиада (st.) – 27,90% .

Доля содержания жира в семенах сортов разных годов создания и районирования изменялась в среднем от 0,80 % до 1,40 %. Минимальное содержание жира в семенах было отмечено у сорта Услада – 0,80%, максимальное – у сортов: Кустовая без волокна 85 и Сакса без волокна 615, а также Нерусса – 1,20%, Гелиада (st.) – 1,25%, Днепровская бомба – 1,40%.

Зольность семян фасоли изменялась незначительно (3,25–3,90%). Максимальное содержание золы было выявлено у сортов Днепровская бомба (3,90%), Нерусса (3,90%), Гелиада (st.) (3,90%) и Кустовая без волокна 85 (3,85%).

Процентное содержание клетчатки в семенах варьировало в пределах от 3,80% до 5,35%. Наибольшее количество клетчатки содержалось в семенах сортов: Стрела – 5,35%, Маркиза – 5,20%.

Безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в семенах содержалось 53,05-58,2% от общего химического состава. При расчете БЭВ максимальное содержание этих веществ выявлено у сортов: 02-173 (58,20%), Сакса без волокна 615, Шоколадница (57,70%) и Горналь (57,50%).

На основании биохимической оценки семян фасоли были сделаны расчеты по энергетической ценности различных сортообразцов. Общая энергетическая ценность 100 грамм семян фасоли в среднем за 3 года варьировала от 336 ккал (1407 Дж) до 349 ккал (1462 Дж). Лучшими по этому показателю оказались сорта: Гелиада (st.) (349 ккал или 1462 Дж), Нерусса (345 ккал или 1444 Дж) и Горналь (344 ккал или 1440 Дж) (Таблица 18).

Таблица 18. Энергетическая ценность 100 г семян фасоли обыкновенной зернового использования, 2018-2020 гг.

Сорт	Энергетическая ценность				
	ккал	Дж	доля в %		
			протеин	жир	БЭВ
Кустовая без волокна 85	342	1431	26,25	3,2	68,4
Сакса без волокна 615	340	1424	23,75	3,2	69,1
Днепровская бомба	342	1431	24,90	3,6	67,7
Горналь	344	1440	24,70	3,4	69,1
Нерусса	345	1444	25,55	3,6	66,0
Рубин	342	1431	27,85	2,5	65,7
Шоколадница	343	1437	23,25	3,4	70,0
Гелиада (st.)	349	1462	27,90	3,8	65,0
Услава	339	1419	27,15	2,2	66,3
02-173	340	1424	25,10	2,9	68,4
Стрела	336	1407	25,25	3,2	69,2
Маркиза	341	1428	27,05	2,9	65,3

Средняя урожайность семян (т/га), содержание сырого протеина, жира, БЭВ и клетчатки (%) в семенах фасоли обыкновенной за 2018, 2019, 2020 гг..

Максимальная урожайность семян за 2018–2020 гг., формировалась у сортов: Кустовая без волокна 85 – 2,55 т/га (протеин 26,25%, жир 1,20%, БЭВ 55,25%, клетчатка 4,75%), Днепровская бомба – 2,60 т/га (протеин 24,9%, жир 1,4%, БЭВ 56,6%, клетчатка 4,2%); Горналь – 2,5 т/га (протеин 24,7%, жир 1,10%, БЭВ 57,50%, клетчатка 4,70%); Услава – 2,70 т/га (протеин 27,15%, жир 0,8%, БЭВ 54,05%, клетчатка 4,9%, а также сортов Стрела – 2,95 т/га (протеин 25,25%, жир 1,15%, БЭВ 55,15%, клетчатка 5,35%) и Маркиза – 2,70 т/га (протеин 27,05 %, жир 1,05%, БЭВ 53,55%, клетчатка 5,2%) (Приложение Г, Рисунок Г1, Г2, Г3, Г4).

Изучение коэффициентов корреляции позволило выявить общие закономерности содержания основных питательных веществ от величины урожая семян. Прямая средняя корреляционная зависимость была определена между величиной урожая семян и процентным содержанием в них клетчатки = 0,59; (чем большее число семян, сформировано растением, тем выше в них содержа-

ние клетчатки). Также слабая прямая зависимость от уровня урожая была выявлена в отношении содержания в семенах протеина $r = 0,17$, воды $r = 0,27$ и золы $r = 0,12$, (это говорит о том, что при увеличении количества семян, сформированных растением, процентное содержание в семени этих веществ увеличится слабо). Выявлена обратная слабая корреляционная зависимость содержания БЭВ $r = -0,24$; в семенах, в зависимости от величины урожайности, и очень слабую обратную взаимосвязь урожайности и процентного содержания в семенах с жира $r = -0,09$ (при увеличении урожайности семян количество БЭВ и жира будет незначительно уменьшаться).

Зависимости процентного содержания основных питательных веществ и сырого протеина в семенах фасоли от годов создания и районирования выявлено не было.

3.2 Оценка сортообразцов коллекции ВИР по хозяйственно-ценным признакам

Для поиска новых источников количественных и качественных признаков, увеличения объема генетического материала по созданию будущих перспективных высокопродуктивных сортов фасоли обыкновенной зернового использования провели комплексную оценку дополнительных сортообразцов коллекции ВИР.

3.2.1 Продолжительность фенофаз и периода вегетации

В 2019...2021 гг. в агроклиматических условиях Орловской области по продолжительности периода вегетации и длительности его фенофаз, по основным элементам продуктивности и урожайности семян изучались 12 сортообразцов коллекции ВИР.

Минимальная степень выраженности признака отмечалась в 2021 г. у образца к-15108 – 76 дней, максимальная в 2020 г. 82 дня, в среднем 79 дней на 1 день больше, чем у стандарта (78 дней) (Таблица 19).

Таблица 19 – Продолжительность периода вегетации сортообразцов фасоли обыкновенной из коллекции ВИР, дней

Номер каталога	2019	2020	2021	Среднее
к-2573	94	98	88	93
к-13365	94	91	88	91
к-15108	79	82	76	79
к-15459	84	92	88	88
к-15526	84	86	83	84
к-15459	84	92	88	88
к-15665	84	85	80	83
к-15700	84	98	83	88
к-15704	84	86	76	82
к-15708	84	86	83	84
к-15711	84	89	83	85
к-15433	84	82	80	82
Гелиада (st.)	77	82	80	78

В 2020 г. у сортообразцов к-2573 и к-15700 отмечалась максимальная степень выраженности признака – 98 дней. У сортообразца к-2573 продолжительность периода вегетации составила в среднем 93 дня и изменялась по годам в пределах от 88 в 2021 г. до 98 дней в 2020 г. По средней продолжительности периода вегетации сортообразец к-2573 относится к группе позднеспелых и превышает стандарт на 5 дней. Сортообразец к-15700 имеет средний период вегетации 88 дней (при минимальном значении 83 в 2021 г. и максимальном в 98 дней в 2020 г.), относится к группе среднеспелых; продолжительность вегетационного периода больше, чем у стандарта Гелиада (st.) на 10 дней.

По продолжительности периода вегетации сортообразцы распределены по трем группам спелости: среднеспелые – 69,2% (вегетационный период от 82 до 88 дней); 15,4% – среднеранние (78–79 дней), и 15,4% – позднеспелые (91–93 дней) (Рисунок 7).

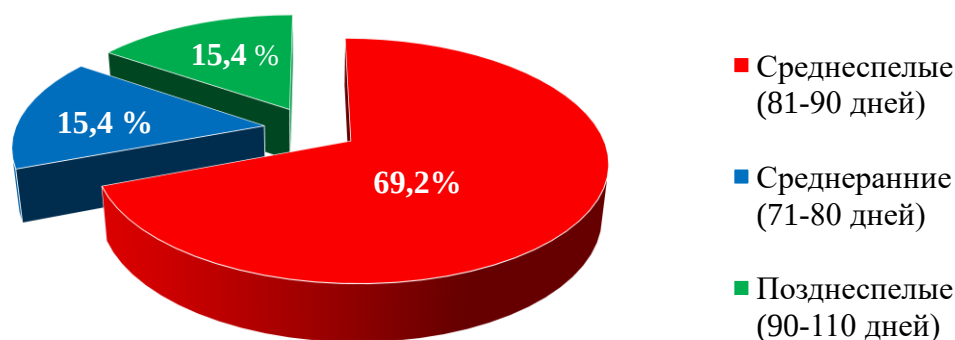


Рисунок 7 – Ранжирование сортобразцов фасоли обыкновенной, 2019, 2020, 2021 гг. по продолжительности периода вегетации

Продолжительность межфазных периодов вегетации: всходы–цветение, цветение–созревание, всходы–созревание, значительно различались у сортобразцов по годам возделывания (Таблица 20).

Таблица 20 – Продолжительность межфазных периодов вегетации сортобразцов фасоли

Номер каталога	Всходы–цветение				Цветение–созревание				Всходы–созревание			
	2019г.	2020г.	2021г.	среднее	2019г.	2020г.	2021г.	среднее	2019г.	2020г.	2021г.	среднее
к-2573	30	39	27	32	64	59	61	61	94	98	88	93
к-13365	30	28	37	32	64	58	51	58	94	86	88	86
к-15108	39	30	27	32	40	46	49	45	79	82	76	79
к-15459	39	46	37	41	45	46	51	47	84	92	88	88
к-15526	39	39	37	38	45	49	46	47	84	86	83	84
к-15649	39	39	37	38	45	55	51	50	84	92	88	88
к-15665	31	46	37	38	44	39	43	42	84	85	80	83
к-15700	39	46	37	41	45	61	46	51	84	98	83	88
к-15704	29	35	37	34	55	54	39	49	84	86	76	82
к-15708	29	32	37	33	45	54	46	48	84	86	83	84
к-15711	29	35	42	35	45	54	41	47	84	89	83	85
к-15433	29	28	26	28	55	54	54	54	84	82	80	82
Гелиада (st.)	31	30	29	34	46	52	51	46	77	82	80	78

По результатам изучения продолжительность периода вегетации всходы–цветение она варьировала от 28 до 46 дней.

Быстрое развитие растений периода всходы–цветение (26 дней) наблюдалось у сортобразца к-15433 в 2021 г., в среднем за годы изучения 28 дней, что

на 6 дней меньше стандарта Гелиада (st.) (соответственно 34 дня). Продолжительный период вегетации наблюдался в 2020 г. у сортообразцов к-15459, к-15665, к-15700 – 46 дней, на 12 дней дольше, чем у стандарта. Короткий межфазный период от всходов до цветения в среднем был отмечен у сортообразцов к-2573, к-13365 и к-15108 (32 дня), меньше чем у стандарта на 2 дня. Самым продолжительным, в сравнении со стандартом, периодом всходы-цветение характеризовался сортообразец к-15459 – 41 день, больше, чем у стандарта на 7 дней.

Межфазный период вегетации цветение–созревание варьировал от минимального количества дней у к-15665 в 2020 г. и к-15704 в 2021 г. – 39 дней, до максимального 64 дня у к-2573 и к-13365 в 2019 г. В среднем самый короткий период вегетации был отмечен у сортообразца к-15665 – 42 дня, что меньше, чем у стандарта на 4 дня.

За годы изучения межфазный период всходы-созревание варьировал от минимального 76 дней у к-15108 и к-15704 в 2021 году (на 4 дня меньше, чем у стандарта), до максимального 98 дней у сортообразцов к-2573 и к-15700 в 2020 году (на 16 дней больше стандарта). В среднем по продолжительности периода вегетации все сортообразцы уступали стандарту (78 дней), продолжительность периода варьировала от 79 дней у к-15108 до 93 дней у к-2573.

Наименьшие по годам различия в длительности периодов вегетации отмечались у сортообразца к-15433 период вегетации всходы – цветение варьировал от 26 до 29 дней, а цветение-созревание менялся от 54 до 55 дней.

В среднем сортообразцы коллекции ВИР имели более продолжительный период вегетации, чем стандарт, только один сортообразец к-15108 имел средний период вегетации 79 дней на 1 день больше, чем у сорта Гелиада (st.).

Оптимальными по росту и развитию растений оказались сортообразцы с продолжительностью периода вегетации от 72 до 82 дней и имели преимущество дружного, равномерного созревания в общем агроценозе по сравнению с другими.

3.2.2 Анализ основных элементов семенной продуктивности и показателей технологичности

Наиболее благоприятные условия для завязывания и формирования бобов, для изученных сортообразцов, сложились в 2020 г.

В 2020 году наблюдалась максимальная степень проявления признака число бобов на растении (Таблица 21).

По результатам изучения, по числу бобов на растении, в среднем за годы исследований существенно превосходили стандарт сортообразцы: к-15526 (14 шт./раст, на 2 больше, чем у стандарта), к-15649 (16 шт./раст – на 4 боба превышал стандарт), к-15665 (18 шт. – на 6 бобов больше, чем у стандарта), к-15459 (25 шт. на 13 больше, чем у стандарта).

Таблица 21 – Число бобов на растении и семян в бобе у сортообразцов фасоли, шт.

Номер каталога	Число бобов на растении				Число семян в бобе			
	2019г.	2020г.	2021г.	среднее	2019г.	2020г.	2021г.	2019г.
к-2573	17	12	11	13	3	3	3	3
к-13365	11	14	10	12	3	3	3	3
к-15108	10	9	6	8	2	3	4	3
к-15459	13	37	24	25	3	3	3	3
к-15526	13	15	14	14	3	3	4	3
к-15649	19	17	11	16	3	3	4	3
к-15665	13	26	15	18	3	4	4	4
к-15700	13	16	9	13	4	4	6	5
к-15704	7	14	8	10	3	3	4	3
к-15708	10	12	10	11	3	4	6	4
к-15711	7	7	4	6	3	3	3	3
к-15433	9	12	14	12	3	3	3	3
Гелиада (st.)	7	15	13	12	3	3	3	3
НСР _{0,05}	1,10	1,81	1,11	1,10	0,15	0,15	0,24	0,19

Исследование основных элементов семенной продуктивности сортообразцов фасоли обыкновенной показало, что признак число бобов на растении варьировал от минимального значения 4 шт./раст. у сортообразца к-15711 в 2021 году, до максимального 37 шт./раст у к-15459 в 2020 г.

Коэффициенты корреляции, зависимости степени проявления признака число бобов на растении от длительности межфазных периодов у сортообразцов в условиях Орловской области в среднем за 2019–2021 гг. принимали следующие значения: число бобов и период всходы–цветение ($r = 0,62$), число бобов – цветение–созревание ($r = -0,11$), число бобов – всходы–созревание ($r = 0,37$). В наибольшей степени на формирование число бобов на растении у сортообразцов влияла продолжительность периода всходы–цветение, в меньшей степени влияние оказывала продолжительность вегетационного периода ($r = 0,37$), а продолжительность межфазного периода цветение–созревание оказывала слабое отрицательное влияние на проявления признака – число бобов с растения.

Признак число семян в бобе у сортообразцов фасоли обыкновенной варьировал от 3 штук до 6 штук (Таблица 21).

Сортообразцы к-15708, к-15665, к-15700 отличались наибольшей выраженностью признака, в среднем число семян в бобе достигало 4 штук (у к-15708, к-15665) и 6 штук (к-15700). В 2021 году у сортообразцов к-15708 и к-15700 была выявлена максимальная степень выраженности признака из всех сортообразцов – 6 шт. в бобе.

Число продуктивных узлов на растении у сортообразцов фасоли обыкновенной изменялось от 3 штук до 9 штук (Таблица 22).

Наибольшее число продуктивных узлов на растении формировалось в 2019 г. у сортообразца к – 15459 – 8 шт. и в 2020 г. у к-15665 – 9 шт., на 3 и 4 шт. больше, чем стандарт соответственно.

Коэффициенты корреляции зависимости степени проявления признака число продуктивных узлов на растении от длительности межфазных периодов у сортообразцов в среднем принимали следующие значения: число продуктивных узлов и период вегетации всходы–цветение ($r = 0,45$), число продуктивных узлов и период вегетации цветение–созревание ($r = -0,18$), число продуктивных узлов и период вегетации всходы–созревание ($r = 0,28$).

Таблица 22. Число продуктивных узлов на растении и бобов на продуктивный узел у сортообразцов фасоли, шт.

Номер каталога	Число продуктивных узлов на растении				Число бобов на продуктивный узел			
	2019г.	2020г.	2021г.	среднее	2019г.	2020г.	2021г.	среднее
к-2573	5	5	4	5	2	3	3	3
к-13365	6	5	4	5	2	3	2	2
к-15108	3	4	5	4	2	3	1	2
к-15459	8	7	7	7	2	3	4	3
к-15526	4	4	5	4	2	4	2	3
к-15459	7	5	5	6	3	3	3	3
к-15665	6	9	7	7	2	3	3	3
к-15700	5	6	5	5	2	3	2	2
к-15704	4	5	6	5	3	3	1	2
к-15708	3	4	7	5	3	3	1	2
к-15711	4	3	4	4	2	2	1	2
к-15433	5	4	7	5	2	3	2	2
Гелиада (st.)	6	6	6	6	2	2	2	2
НСР _{0,05}	0,52	0,59	0,46		0,13	0,28	0,19	0,16

Выявлена средняя степень зависимости проявления признака число продуктивных узлов на растении от продолжительности периода вегетации всходы–цветение. Продолжительность периодов вегетации цветение–созревание, всходы–созревание имели слабый характер влияния на степень проявления признака.

Число бобов на продуктивный узел варьировало от 1 штуки до 4 штук (Таблица 22). В среднем на один продуктивный узел формировалось от 2 до 3 шт. бобов. Наибольшее число бобов в продуктивном узле отмечалось у сортообразцов к-15526 в 2020 г. и у к-15459 в 2021 г. – 4 шт.

Число семян с растения изменялось от минимального значения от 13 штук до 111 шт. с растения (Таблица 23).

Таблица 23 – Число семян с растения у сортообразцов фасоли, шт.

Номер каталога	2019г.	2020г.	2021г.	Среднее
к-2573	51	35	33	40
к-13365	34	41	31	35
к-15108	20	28	23	24
к-15459	39	111	73	74
к-15526	39	45	57	47
к-15649	58	52	42	51
к-15665	39	102	61	67
к-15700	52	62	56	57
к-15704	20	42	32	31
к-15708	30	48	59	46
к-15711	21	20	13	18
к-15433	27	36	41	35
Гелиада (st.)	21	45	40	35
НСР _{0,05}	18,70	28,05	21,19	20,72

Наибольшее число семян с растения было получено в 2020 г. у сортообразцов к-15665 и к-15459 – 102 шт. и 111 шт. соответственно, что больше, чем у стандарта на 62 и 71 шт.

Сортообразец к-15700 отличался стабильно высоким значением признака по годам от 52 до 62 штук с растения.

В среднем максимальная выраженность признака была выявлена у сортообразцов к-15649 – 51 шт. с растения (на 16 шт. больше, чем у стандарта), к-15700 – 57 шт. (на 22 шт. больше, чем у стандарта), к-15665 – 67 шт. (на 32 штуки больше, чем у стандарта) и к-15459 – 74 шт. (на 39 шт. больше, чем у стандарта).

Коэффициенты корреляции, зависимости степени проявления признака число семян с растения от продолжительности межфазных периодов вегетации в среднем принимали следующие значения: число семян с растения и период всходы-цветение ($r = 0,72$), число семян с растения и всходы-созревание

($r = 0,38$). Коэффициент корреляции величины проявления признака число семян с растения в зависимости от продолжительности периода вегетации цветение-созревание ($r = -0,20$), указывал на слабую степень отрицательной связи между продолжительностью периода вегетации цветение созревание и числом семян с растения.

Масса семян с растения изменялась от 4,22 г до 34,86 г (Таблица 24).

Таблица 24. Масса семян с растения у сортообразцов фасоли, г

Номер каталога	2019г.	2020г.	2021г.	Среднее
к-2573	8,64	8,90	8,33	8,62
к-13365	9,36	12,20	8,29	9,95
к-15108	4,22	10,86	10,08	8,39
к-15459	7,65	23,94	19,71	17,10
к-15526	8,06	13,76	20,14	13,99
к-15649	21,55	15,67	17,11	18,11
к-15665	10,51	34,86	21,91	22,43
к-15700	11,21	18,12	15,07	14,80
к-15704	5,95	14,59	11,05	10,53
к-15708	8,64	14,43	15,34	12,80
к-15711	13,30	12,24	10,61	12,05
к-15433	10,37	13,90	12,89	12,39
Гелиада (st.)	8,74	18,52	14,63	13,96
НСР _{0,05}	1,11	1,45	1,11	1,40

Наибольшая масса семян с растения была отмечена у сортообразцов: к-15665 34,86 г в 2020 году и 21,91 г в 2021 году, что было больше, чем у стандарта на 16,36 г и на 7,28 г соответственно. В 2020 году масса семян с растения у сортообразца к-15459 составила 23,94 г, что выше стандарта на 5,06 г, а в 2021 году 19,71 г что выше стандарта на 5,08 г. Масса семян с растения сортообразцов к-15526 в 2021 году (20,14 г) и к-15649 в 2019 году (21,55 г) превышала стандарт на 5,51 г и на 6,62 г соответственно. Высоким значением массы семян с растения отличались сортообразцы: к-15459 – 17,10 г, что превышало средний показатель для стандарта

на 3,14 г; к-15649 – 18,11 г, что выше стандарта на 4,15 г; к – 15665 – 22,43 г, что больше, чем у стандарта на 8,47 г.

На степень проявления признака масса семян с растения у сортообразцов в большей степени оказывала влияние длительность периода вегетации всходы-цветение, в среднем коэффициент корреляции составил: $r = 0,64$. Отрицательное влияние на величину массы семян с растения оказывала продолжительность периода вегетации цветение-созревание $r = -0,52$; в меньшей степени влияние на проявления признака оказывала длительность периода вегетации и всходы-созревание $r = 0,21$.

Масса 1000 семян варьировала от 192 г до 815 г. Сортообразец к-15711 показал наибольшую массу 1000 семян среди изученных сортообразцов. Средняя масса 1000 семян составила 686 г, наибольшая степень выраженности признака у к-15711 была выявлена в 2021 году – 815 г (Таблица 25).

Таблица 25. Масса тысячи семян у сортообразцов фасоли, г.

Номер каталога	2019г.	2020г.	2021г.	Среднее
к-2573	165	254	252	224
к-13365	276	298	268	281
к-15108	210	389	439	346
к-15459	197	215	270	228
к-15526	208	307	353	289
к-15649	372	302	407	360
к-15665	269	336	359	322
к-15700	215	292	270	259
к-15704	300	348	353	334
к-15708	287	300	259	282
к-15711	633	610	815	686
к-15433	385	386	315	362
Гелиада (st.)	416	412	326	331
НСР _{0,05}	28,76	25,67	32,24	23,12

Величина проявления признака масса 1000 семян в зависимости от продолжительности периодов вегетации имела обратный характер слабой степени связи: масса 1000 семян и всходы-цветение ($r = -0,23$); масса 1000 семян и цветение-созревание ($r = -0,28$), масса 1000 семян и всходы-созревание ($r = -0,28$).

Урожайность семян сортообразцов фасоли обыкновенной варьировала от минимального значения 1,17 т/га в 2019 году до максимального 4,00 т/га в 2021 году (Таблица 26).

Таблица 26 – Урожайность семян сортообразцов фасоли, т/га

Номер каталога	2019 г.	2020г.	2021г.	Средняя
к-2573	1,83	2,48	1,50	1,94
к-13365	2,67	2,00	2,00	2,22
к-15108	1,50	3,00	2,50	2,33
к-15459	2,00	2,08	2,67	2,25
к-15526	2,67	2,83	3,33	2,94
к-15649	1,17	2,00	2,00	1,72
к-15665	2,00	3,17	2,16	2,44
к-15700	1,83	2,75	3,16	2,58
к-15704	2,00	3,33	4,00	3,11
к-15708	2,17	3,33	1,50	2,33
к-15711	2,33	2,33	2,16	2,27
к-15433	2,67	3,58	3,33	3,19
Гелиада (st.)	2,25	2,65	2,00	2,30
НСР _{0,05}	0,11	0,12	0,14	0,28

В 2019 г. высокая урожайность семян наблюдалась у сортообразцов: к-13365, к-15526 и к-15433 – 2,67 т/га (выше стандарта на 0,42 т/га). В 2020 г. урожайность сортообразцов: к-15108 (3,00 т/га), к-15665 (3,17 т/га), к-15107 и к-15708 (3,33 т/га), к-15433 (3,58 т/га) превышала стандарт на 0,35 т/га, 0,52 т/га, 0,68 т/га и на 0,93 т/га соответственно. В 2021 г. по урожаю семян сортообразцы были на уровне или выше стандарта. Высокую урожайность показали сортообразцы: к – 15704 (4,00 т/га, на 2,00 т/га выше стандарта), к-15526 и к-15433 с урожайностью 3,33 т/га (выше, чем у стандарта на 1,33 т/га).

В среднем по результатам изучения большую в сравнении со стандартом урожайность имели сортообразцы: к-15526 – 2,94 т/га на 0,64 т/га больше, к-15704 – 3,11 т/га на 0,81 т/га больше, к-15433 – 3,19 т/га на 0,89 т/га больше. У сортообразцов к-15526 и к-15433 урожайность семян по годам исследования бы-

ла стабильно высокой, что позволяет выделить их в качестве источников высокой семенной продуктивности.

По результатам исследований были выделены источники основных элементов семенной продуктивности и раннеспелости:

- число бобов на растении (14-25 шт.): к-15526, к-15459, к-15665;
- число продуктивных узлов (8-9 шт.): к-15459, к-15665;
- число семян в бобе (4-6 шт.): к-15708, к-15665, к-15700;
- число семян с растения (51-77 шт.): к-15665; к-15459, к-15700, к-15649;
- масса семян с растения (17,10-22,43 г): к-15665, к-15459, к-15526, к-15469;
- масса 1000 семян (686-815 г): к-15711;
- урожайности семян (2,94-3,19 т/га): к-13365, к-15526, к-15433, к-15108, к-15665, к-15107, к-15708, к-15704.
- раннеспелости (79 дней): к-15108.

По уровню урожайности семян в условиях Орловской области изученные сортообразцы распределились следующим образом: 66,6% сортообразцы со средней урожайностью семян выше 2,00 т/га, 16,7% сортообразцы с урожайностью выше 3,00 т/га, и 16,7% – с урожайностью менее 2,00 т/га (Рисунок 8).

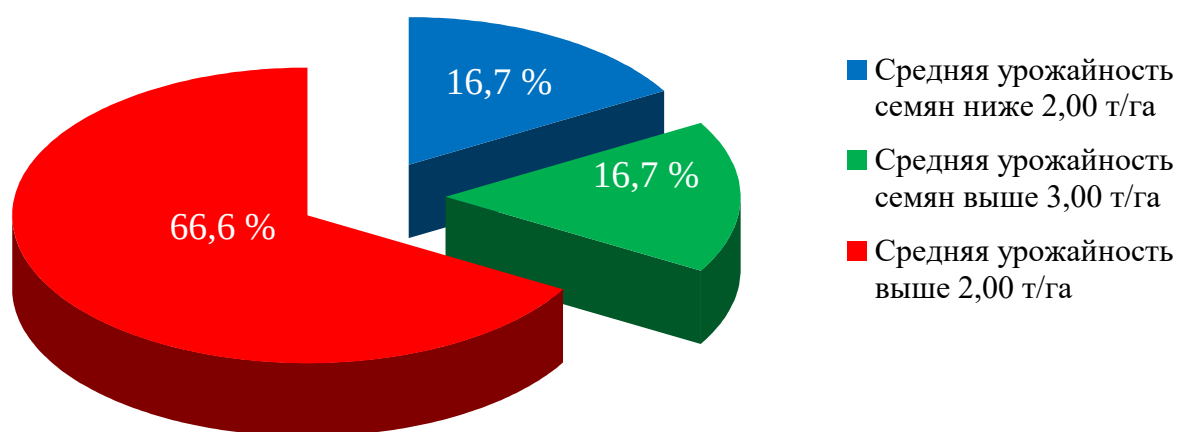


Рисунок 8 – Распределение сортообразцов фасоли обыкновенной по урожайности семян, 2019–2021 гг.

По результатам изучения длина стебля у растений фасоли обыкновенной варьировала от минимального значения 31 см у сортообразца к-15108 до максимального 99 см у к-15711. У сортообразцов с длиной стебля больше стандарта (47 см) длина стебля варьировала от 59 см до 99 см (Таблица 27).

Расстояние от корневой шейки до первого междоузлия колебалось от 1 до 4 см. Наибольшая величина показателя была отмечена у сортообразца к-15711 – 4 см.

Таблица 27 – Показатели, повышающие технологичность однофазной уборки семян сортообразцов фасоли, 2019–2021 гг.*

Номер каталога	Длина, см			В.П.Н.Б*, см	Устойчивость к полеганию, балл
	стебля	от корневой шейки до первого междоузлия	боба		
к-2573	42	2	10	16	5
к-13365	46	3	17	20	5
к-15108	31	3	9	16	5
к-15459	59	1	8	17	5
к-15526	93	2	11	21	3,5
к-15649	34	2	10	13	5
к-15665	85	2	10	14	4,5
к-15700	83	2	10	23	4,5
к-15704	69	2	11	25	4,5
к-15708	89	2	10	27	3,5
к-15711	99	4	13	25	3,5
к-15433	45	2	13	15	4,5
Гелиада (st.)	47	3	11	22	5,0

Примечание: *Высота прикрепления нижнего боба.

Показатель длина боба находился в пределах от 8 до 17 см. У сортообразцов: к-15433 и к-15711 (13 см), к-13365 (17 см) длина боба была выше, чем у стандарта(11 см) на 2 и 6 см соответственно.

Показатель высокой технологичности сорта – высота прикрепления нижнего боба изменялся в пределах от 15 см до 27 см. В основном сортообразцы по высоте прикрепления нижнего боба были на уровне стандарта, кроме к-15708

(27 см), к-15704 и к-15711 (23 см), которые по величине показателя превышали стандарт на 3 см и 5 см соответственно.

Устойчивостью к полеганию в общем агроценозе у большей части сортообразцов (83%) оценивалась от 4,5 баллов до 5,0 баллов.

К источникам с максимальной степенью показателей технологичности отнесены сортообразцы: к-15708, к-13365, к-15711.

По комплексу хозяйственно-ценных признаков выделились сортообразцы: к-15459 и к-15665.

3.3 Обоснование критериев количественных и качественных признаков для создания высокоурожайных сортов фасоли обыкновенной зернового использования

Увеличение потенциала семенной продуктивности всегда приоритетно. Продуктивность сортов фасоли обыкновенной – сложный признак, и зависит от генотипа, его морфологических особенностей, устойчивости к основным болезням и вредителям, к абиотическим стрессорам. Целенаправленное изучение основных элементов продуктивности, их вклад в урожай семян, пределы их изменчивости являются основополагающими при разработке параметров нового перспективного сорта.

Для создания сорта, превосходящего существующие, недостаточно проводить отбор из существующих гибридных популяций. Для достижения большего успеха необходимо разработать подробную программу селекции, конечный результат которой будет отражен в параметрах перспективного сорта (Бороевич С., 1984).

По выявленным закономерностям, при разработке критериев высокопродуктивного сорта необходимо опираться на результаты изученных сортообразцов с высокой степенью выраженности комплекса признаков, приближающихся к максимальному потенциалу. На основании фактически полученных в нашем изучении такими характеристиками отличались сорта селекции ФГБНУ ФНЦ ЗБК Гелиада (st.), Рубин, Стрела, Маркиза (Приложении Б, Таблица Б1, Б2).

По основным элементам семенной продуктивности величины проявления признаков варьировали в следующих пределах:

- число бобов на растении: сорт Гелиада (st.) 10–15 шт.; сорт Рубин 15–22 шт.; сорт Стрела 15–26 шт.; сорта Маркиза 13–26 шт.;
- число семян в бобе у сортов составляло 3–4 шт.;
- число семян с растения: сорт Гелиада(st.) 35–50 шт.; сорт Рубин 33–55 шт.; сорт Стрела 32–60 шт.; сорта Маркиза 38–50 шт.;
- масса семян с растения: сорт Гелиада (st.) 16,7–23,0 г; сорт Рубин 18,4–34,5 г; сорт Стрела 14,8–25,0 г; сорт Маркиза 12,0–31,4 г;
- масса 1000 семян: сорт Гелиада (st.) 347–424 г; сорт Рубин 280–430 г; сорт Стрела от 161–252 г; сорт Маркиза 350–390 г;

Урожайность семян у сорта Гелиада (st.) варьировала от 2,30 до 2,65 т/га; у сорта Рубин от 2,50 до 3,40 т/га; у сорта Стрела от 2,55 до 3,83 т/га; у сорта Маркиза от 2,43 до 3,58 т/га.

Сорта сочетали в себе признаки высокой технологичности:

- высота растения: сорт Гелиада (st.) 47–50 см; сорт Рубин 35–57 см; сорт Стрела 55–75 см, сорт Маркиза 45–65 см;
- высота прикрепления нижнего боба: сорт Гелиада (st.)15–22 см; сорт Рубин 15–22 см; сорт Стрела 18–28 см; сорт Маркиза 12–18 см;
- длина боба: сорт Гелиада (st.)11–13 см; сорт Рубин 12–15 см; сорт Стрела 10–11 см; сорт Маркиза 13–15 см;
- устойчивость к полеганию у сортов составляла 5 баллов.

Продолжительность периода вегетации сортов составляла: Гелиада (st.) 77–80 дней; Рубин 74–85 дней, Стрела 80–84 дня; Маркиза 78–83 дня.

Комплекс признаков нового перспективного сорта фасоли обыкновенной может сочетать высокую семенную продуктивность и урожайность при оптимальном сочетании некоторых параметров, определяющих общую продуктивность фотосинтеза растения (площадь листовой поверхности, фотосинтетиче-

ский потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза) с улучшенными показателями высокой технологичности (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Критерии отбора показателей по комплексу хозяйственно-ценных признаков сорта фасоли обыкновенной

По результатам проведенных исследований, для создания нового высокопродуктивного сорта фасоли обыкновенной, пригодного для уборки прямым комбайнированием, исходный материал должен соответствовать следующим критериям: растения детерминантного типа развития компактной формы куста, высотой 50-65 см, с высотой прикрепления нижнего боба 22-28 см, устойчивостью к полеганию не менее 4,5-5,0 баллов; устойчивый к абиотическим и биотическим стрессорам; с параметрами элементов семенной продуктивности: число бобов на растении 25-40 штук; число семян в бобе 4-7 штук; число семян с

растения 50-80 штук; масса семян с растения 23,0-40,0 г; масса 1000 семян 300-450 г; урожайность семян 4,0-4,50 т/га; продолжительностью вегетационного периода 77-85 дней.

3.3.1. Характеристика сортов фасоли с комплексом хозяйственно-ценных признаков

Стрела сорт фасоли обыкновенной зернового использования.

Оригинатор: ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Метод выведения: Шоколадница × к-15308 (Куба).



Рисунок 10 – Растение фасоли сорта Стрела, в сравнении со стандартом.



Рисунок 11 – Бобы и семена фасоли сорта Стрела, в сравнении со стандартом.

Сорт Стрела относится к разновидности *Ellipticus violaceus*. Растение кустовое, компактное, детерминантного типа развития высотой 55-60 см, высота прикрепления нижнего боба – 22 см. Стебель прямостоячий, темно-зеленого цвета, расположение боковых ветвей плотное. Имеет 5-9 продуктивных узлов, на каждом из которых закладывается от 3-х до 6-и цветков темно-розовой окраски. Листья тройчатые, цельно-крайные округло-продолговатой формы средней величины. Боб лущильного типа, грубо-волокнистый длиной 10-13 см; среднее число бобов на растении – 25 шт., максимальное – 40 шт.; число семян в бобе 4-6 шт. Семена гладкие, блестящие, эллиптической формы, масса 1000 семян 280-330 г, окраска кожуры фиолетовая (основной апробационный признак); рубчик белый с однорядным, темным кольцом.

Стрела относится к группе среднеспелых сортов – продолжительность вегетационного периода 75-

80 сут. Растения не формируют дополнительные ветви при избыточном увлажнении

почвы во время созревания бобов и устойчивы к осыпанию. Сорт обладает комплексом хозяйственно ценных признаков, имеет высокий биологический потенциал семенной продуктивности. При среднем сборе – 2,52 т/га, превысив стандарт (1,78 т/га) на 0,74 т/га.

Выделяется высокой семенной продуктивностью: бобов на растении – 32 шт.; бобов на один продуктивный узел – 3,5 шт.; семян с растения – 104 шт.; семян в бобе – 3,6 шт.; масса семян с растения – 28,1 г. Характеризуется хорошими вкусовыми качествами. Содержание белка в семенах 26,9%. Устойчивость к полеганию 5 баллов.

С 2016 г. сорт допущен к использованию в Центрально-Черноземном регионе Российской Федерации, рекомендован для всех зон возделывания культуры.

Хабаровская сорт фасоли обыкновенной зернового использования.



Рисунок 12 – Бобы сорта Хабаровская, в сравнении со стандартом.



Рисунок 13 – Семена сорта Хабаровская, в сравнении со стандартом

Оригинатор(ы):

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»; ФГБУН «ХФИЦ ДВО РАН».

Метод выведения: массовый отбор из сорта Рубин.

Сорт Хабаровская относится к разновидности *Ellipticus Cerasus*.

Представляет собой куст детерминантного типа развития высотой 35–45 см, средней ветвистостью с высотой прикрепления нижнего боба 18 см. Стебель прямостоячий зеленого цвета, расположение боковых ветвей рыхлое. Имеет 4–6 продуктивных узлов, на каж-

дом из от 3-х до 5-ти розовых цветков, средней величины. Листья тройчатые

цельно-крайные, округло-широко-яйцевидные, крупные, интенсивно зеленого цвета.

Боб лущильного типа грубо-волокнистый, с сильным пергаментным слоем, длиной 10-12 см с заостренной верхушкой, среднее число бобов на растении – 8, максимально – 17, хорошо выполнены, число семян в бобе 3-5 штук. Семена гладкие, блестящие эллиптической формы, окраска кожуры красная, семенной рубчик простой, хорошо выраженной белой окраски, масса 1000 семян 350-525 г.

Средняя урожайность семян нового сорта за период изучения составляла 2,30 т/га (стандарт – 1,96 т/га) максимальная урожайность 2,88 т/га. Сорт устойчив к полеганию.

Фасоль Хабаровская характеризуется отличными вкусовыми качествами. Среднее содержание белка в семенах – 25,0%.

Сорт зерновой фасоли Хабаровская в 2020 году включен в Госреестр селекционных достижений РФ и рекомендован для возделывания в Хабаровском крае.

Купава сорт фасоли обыкновенной зернового использования.

Оригинатор: ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Метод выведения: Петух × Армянская красная

Сорт Купава относится к разновидности *Compressus vinosus* и представляет собой куст высотой 45-60 см с утолщенным центральным стеблем, ограниченным цветочной кистью. Высота прикрепления нижнего боба – 21 см. Растение формирует от 2 до 4 дополнительных боковых ветвей с компактной генеративной зоной.

Стебель прямостоячий, зеленого цвета, расположение боковых ветвей уплотненное. Формирует от 4 до 8 про-



Рисунок 14 – Семена сорта Купава, в сравнении со стандартом.

дуктивных узлов. Цветки от бледно-розовых до розовых, средней величины. Листья тройчатые, цельнокрайные, от треугольной до яйцевидной формы, средние, интенсивно зеленого цвета.

Боб лущильного типа грубоволокнистый, с сильным пергаментным слоем, длиной 11–14 см, с заостренной верхушкой, среднее число бобов на растении 10–8 штук, число семян в бобе 3–5 шт., число семян с растения 48 шт., масса семян с растения 28,70 г.

Семена гладкие, блестящие почковидной формы, масса 1000 семян 510–640 г. Окраска кожуры винно-красная, семенной рубчик простой, эллиптической формы, белого цвета.

Фасоль Купава относится к группе среднеспелых сортов, продолжительность периода вегетации сорта Купава по годам изучения изменялась от 84 дней до 94 дней и в среднем составила 87 дней.



Рисунок 15 – Бобы сорта Купава, в сравнении со стандартом.

Средняя урожайность семян за годы испытания составила 2,44 т/га (стандарт 2,09 т/га), максимальная – 2,86 т/га. Содержание сырого протеина в семенах 26,7%. Фасоль Купава характеризуется отличными вкусовыми качествами.

В агроценозе не полегает и пригоден для уборки прямым комбайнированием, имеет высокое прикрепление нижнего боба.

С 2023 года внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию новый сорт фасоли Купава зернового использования.

3.3.2 Экономическая эффективность выращивания фасоли обыкновенной зернового использования

Была определена экономическая эффективность для производства фасоли обыкновенной зернового использования сорта Стрела из расчета фактического уровня цен на семена фасоли обыкновенной высших репродукций в ФГБНУ ФНЦ ЗБК – 250 000 рублей за тонну (Таблица 28).

Таблица 28 – Экономическая эффективность выращивания фасоли 2018–2022 гг.

Показатели	Гелиада (st.).	Стрела
Площадь, га	100	100
Урожайность, т/га	2,27	2,95
Прибавка урожая, т/га	-	0,68
Валовое производство, т	227	295
Цена 1 т, тыс. руб.	250	250
Стоимость валовой продукции, тыс. руб.	56750	73750
Производственные затраты, тыс. руб.	29582	37144
Дополнительные производственные затраты, тыс. руб.	-	7562
Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб.	130	126
Чистый доход, тыс. руб.	27168	36606
Рентабельность, %	92	99

Стоимость валовой продукции производства семян сорта Гелиада (st.) составляла 56750 тыс. руб., производственные затраты 29582 тыс. руб., себестоимость производства 1 т зерна 130 тыс. рублей, чистый доход 27168 тыс. руб., а рентабельность производства семян сорта Гелиада (st.). 92%.

Урожайность семян сорта Стрела превышала стандарт на 0,68 т/га, стоимость валовой продукции увеличилась на 30% по сравнению со стандартом, а производственные затраты выросли на 25,6%, дополнительные производственные затраты составили 7562 тыс. руб. Чистый доход увеличился на 34,7% (9438 тыс. руб.), рентабельность производства семян сорта Стрела увеличилась на 7% по сравнению со стандартом и составила 99%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для селекции фасоли обыкновенной зернового использования на высокую семенную продуктивность в условиях северной лесостепи Центрально–Черноземного региона России, представляют интерес среднеранние (Гелиада,) и среднеспелые (Кустовая без волокна 85, Маркиза, Стрела) сорта с вегетационным периодом от 78 до 82 дней.

2. Для реализации потенциала семенной продуктивности в годы вегетации с низким показателем гидротермического коэффициента ($ГТК = 0,72 - 2018$ г., $ГТК = 0,92 - 2021$ г.), растения фасоли обыкновенной компенсируют негативное воздействие за счет увеличения чистой продуктивности фотосинтеза и фотосинтетического потенциала.

4. У сортов зернового использования: Стрела и Маркиза выявлена особенность перераспределения сухой массы по органам растений (произошло увеличение сухой массы осевых органов – 60,9%), что положительно отразилось на повышении потенциала семенной продуктивности (произошло увеличение показателей: число бобов на растении на 3–6 шт.; число семян с растения на 17–21 шт., масса семян с растения 3,30–6,97 г; урожай семян увеличился на 0,43–0,68 т/га) и улучшении показателей технологичности (длина стебля увеличилась на 2–6 см; длина боба на 2–4 см; ВПНБ на 3–6 см).

5. Основной вклад в урожайность семян фасоли обыкновенной вносили элементы семенной продуктивности: число бобов на растении ($r=0,64$), число семян с растения ($r=0,74$), масса семян с растения ($r=0,69$).

6. Анализ коэффициентов экологической пластичности сортов (b_i) по урожайности семян показал, что наиболее отзывчивыми на улучшение условий выращивания (температурного режима, количества осадков) были сорта с высокими показателями комплекса хозяйственно-ценных признаков: Стрела ($b_i=1,76$) и Маркиза ($b_i=1,56$). Сорта могут быть рекомендованы к исполь-

зованию при подборе родительских пар, в связи селекцией на высокую продуктивность семян.

7. Выявлены источники с высоким значением признаков:

- число бобов на растении 14–25 шт. (к-15526, к-15459, к-15565) ;
- число семян с растения 51–77 штук (к-15700, к-15649, к-15665, к-15459);
- масса семян с растения 17,10–22,43 г (к-15459, к-15659, к-15665, к-15526);
- высокое прикрепление нижнего боба 20,0–27,0 см (к-15700, к-15704, к-15708, к-13365, к-15711, к-15526).

8. На основании фактически полученных данных рекомендованы критерии показателей сорта фасоли обыкновенной по основным элементам семенной продуктивности: число бобов на растении (15–40 шт.), число семян с растения (50–80 шт.), масса семян с растения (23,0–40,0 г), с высотой прикрепления нижнего боба (22–28 см).

9. Рентабельность производства семян фасоли обыкновенной сорта Стрела высших репродукций – 99%.

Дальнейшие перспективы разработки темы:

На основании разработанных критериев показателей сорта фасоли обыкновенной для селекции на высокую семенную продуктивность и технологичность, а также оценки коллекционных сортообразцов, будет продолжена работа по увеличению объема исходного материала и на его основе получение сортов с комплексом полезно-хозяйственных признаков.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для селекции фасоли обыкновенной в условиях северной лесостепи Центрально-Черноземного региона России на высокую семенную продуктивность целесообразно использовать выделенные источники с комплексом хозяйственно-ценных признаков: Маркиза, Стрела, к-15700, к-15526, к-15459, к-15665, к-15649; к-15704.

- число бобов на растении 14–25 шт. (Маркиза; Стрела; к-15526, к-15459, к-15565) ;

- число семян с растения 51–77 штук (Маркиза; Стрела; к-15649, к-15665, к-15459);

- масса семян с растения 17,10–22,43 г (Маркиза; Стрела; к-15459, к-15659, к-15665, к-15526);

- высокое прикрепление нижнего боба 20,0–27,0 см (Маркиза; к-15700, к-15704).

Сорта селекции ФГБУ «Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур»: Стрела, Хабаровская, Купава, рекомендуется использовать для производственных посевов. В связи с этим необходимо поддерживать их семеноводство для внедрения в производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулов А.С., Перспективная ресурсосберегающая технология производства фасоли./ А.С. Акулов, Г.А. Борзенкова, Г.А. Васильчиков, М.Т. Голопятов, В.И. Зотиков, М.П. Мирошникова, Т.С. Наумкина, А.И. Хлебников, Е.Л. Ревякин, Л.А. Смирнова, Г.А. Гоголев/ Метод.реком. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010 – 36 с.
2. Чекалин Е.И. Влияние интенсивности света на активность газообмена листьев и прилистников у белоцветковых сортов гороха / Е.И. Чекалин, А.В. Амелин, В.В. Заикин, А.М. Задорин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4(28). – С. 5-11. – DOI 10.24411/2309-348X-2018-11042. – EDN YQXUDB.
3. Амелин А.В., Физиолого-генетические аспекты селекции гречихи на адаптивность / А.В. Амелин, А.Н. Фесенко, Ф.З. Кадырова [и др.]. – Орел : Издательство Картуш, 2021. – 408 с. – ISBN 978-5-9708-0890-0.
4. Анчербак С.П. Продуктивность фотосинтеза и динамика накопления сухого вещества местных сортов Северного Кавказа. /С. П. Анчербак – Вопрос повышения урожайности зернобобовых культур. Ставрополь, 1970.
5. Асадова, А.И. Бобовые как альтернативный источник белка в повседневном рационе человека / А.И. Асадова // Знание. – 2016. – № 6–1(35). – С. 30–36.
6. Асаналиев, А.Ж. Изучение статуса культурных видов рода *Phaseolus* и оценка различных сортобразцов *Phaseolus vulgaris* L. в Кыргызстане / А.Ж. Асаналиев // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2014. – № 1(30). – С. 282-288. – EDN VMAUCT.
7. Международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. /В. Буданова, Л. Лагутина, В. Корнейчук, М. Пасторек, М. Ужик, П. Гофирек, И. Моравец/ Всесоюзный НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова (ВИР), Ленинград 1985 г.
8. Бадина, Г.В. Фасоль / Г.В. Бадина. – Ленинград, 1953. – 60 с.

9. Базарнова В.К. Результаты интродукции фасоли овощной в лесостепи Приобья / В.К. Базарнова, О.В. Паркина // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья : материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ботанического сада Омского ГАУ. – 2017. – С. 7–9.
10. Бабенко, А.С. Устойчивость фасоли к фасолевой зерновке *Acanthoscelidesobtectus* Sav. (Coleoptera, Bruchidae) на северной границе ареала культуры / А.С. Бабенко, С.И. Михайлова, И.В. Николаева // Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер. Биология. – 2009.– № 2. – С. 13–17.
11. Бодошов, А.У. Химический состав зерен фасоли местных сортов / А.У. Бодошов // Наука и новые технологии. – 2014. – № 4. – С. 40-43. – EDN UKJMLN.
12. Бондар, Г.В. Зернобобовые культуры / Г.В. Бондар, Т. Лавриненко. – Москва: Колос, 1977. – 256 с.
13. Бороевич С. Принципы и методы селекции растений./ С. Бороевич. – М., 1984.-343 с.
14. Буданова В.И. Коллекция фасоли Всесоюзного института растениеводства им. Н.И. Вавилова – исходный материал для селекции // Селекция, сем. И приемы возделования фасоли. – Орел, 1975. – С.82-89.
15. Буданова В.И. Генетика фасоли //Генетика культурных растений: зернобобовые, овощные, бахчевые / Под ред. Т.С. Фадеевой,. 8. В.И. Буренина. – Л., 1990.
16. Вавилов, Н.И. Полевые культуры Юго-Востока / Н.И. Вавилов. – Петроград : Изд-во Народного комиссариата земледелия «Новая деревня», 1922. – С. 157–159.
17. Ведров, Н.Г. Селекция и семеноводство полевых культур : учебное пособие / Н.Г. Ведров. – Красноярск : Изд-во КГАУ, 2008. – 300 с.
18. Вишнякова, М.А. Генетические ресурсы зернобобовых из "горячих точек" мирового биоразнообразия в коллекции ВИР. Средиземноморье : (обзор) /

М.А. Вишнякова, Т.Г. Александрова, С.В. Булынец [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2014. – Т. 175, № 3. – С. 5-33. – EDN UCSBEJN.

19. Волобуева, О. Г. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на эффективность бобово-ризобияльного симбиоза фасоли / О.Г. Волобуева, М.П. Мирошникова, Т. С. Наумкина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 3(19). – С. 56-62.

20. Голбан, Н.М. Селекция фасоли на пригодность к механизированной уборке и высокую продуктивность / Н.М. Голбан, А.Н. Рассохина // Науч.-техн. бюлл. / Всерос. науч.-исслед. ин-т зернобобовых и крупяных культур. – Орел, 1996. – С. 85–87.

21. Горбатая, А. П. Оценка семян сортов сои, фасоли зерновой и гороха по аминокислотному составу в условиях южной лесостепи Западной Сибири / А.П. Горбатая // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 5(91). – С. 10-13. – EDN OXRVPJ.

22. Дебелый, Г.А. Зернобобовые культуры в мире и Российской Федерации / Г.А. Дебелый // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 2. – С. 31–35.

23. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов / М.: Книга по Требованию. 2012. с. 352.

24. Егорова, Г.П. Источники высокого содержания белка семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*) из мировой коллекции ВИР / Г.П. Егорова, И.Н. Перчук, А.Е. Соловьева, Т.В. Буравцева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180, № 2. – С. 44-50. – DOI 10.30901/2227-8834-2019-2-44-50. – EDN RBEPSE.

25. Жученко, А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). В 2т. М.: Изд-во РУДН, 2001. Т.1.780 с., Т. 2. 785 с.

26. Зайцев, В.Н. Некоторые аспекты селекции фасоли зернового направления на скороспелость и технологичность/В. Н. Зайцев, М.П. Мирошникова //

Биологический и экономический потенциал зернобобовых и крупяных культур и пути его реализации – Орел, 1999. – С. 199-202

27. Зотиков, В.И. Зернобобовые культуры - важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В.И. Зотиков, Т.С. Наумкина, Н.В. Грядунова, В.С. Сидоренко, В.В. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1(17). – С. 6-13. – EDN VSPQCR.

28. Зотиков, В.И. Зернобобовые и крупяные культуры – актуальное направление повышения качества продукции / В.И. Зотиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 3(23). – С. 23–28.

29. Зотиков, В.И. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации / В.И. Зотиков, В.С. Сидоренко, Н.В. Грядунова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018 – № 2(26). – С. 4–10.

30. Зотиков, В.И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур / В. И. Зотиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020 – № 3(35). – С. 12–19. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11179

31. Зотиков, В. И. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений / В.И. Зотиков, А.А. Полухин, Н.В. Грядунова, В.С. Сидоренко, Н.Г. Хмызова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №4 (36). – С. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198

32. Ивакин, А.П., Изучение компонентов продуктивности и аттракции образцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) в северной зоне Волго-Ахтубинской поймы / А.П. Ивакин, А.А. Грушин // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 2018. №4(179). С. 58-66. DOI:10.30901/2227-8834-2018-4-58-66

33. Иорданов, И.Т. Фотосинтетическая активность разных листьев растений фасоли / И.Т. Иорданов // Сельскохозяйственная биология. – 1979. –Т. XIV, № 5. – С. 665-669.

34. Казыдуб, Н.Г., Моделирование параметров продуктивности фасоли для условий южной лесостепи Западной Сибири // Н.Г. Казыдуб, Т.В. Маракаева, М.М. Коробейникова / Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015 №3(19). С.12-16.

35. Казыдуб, Н.Г. Ботаническая характеристика культуры фасоль (род *Phaseolus* L.) / Н.Г. Казыдуб, С.В. Коркина, И.Н. Митрофанов // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ботанического сада Омского ГАУ, Омск, 25 сентября 2017 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2017. – С. 19-28. – EDN ZSBZIR.

36. Казыдуб, Н.Г., Фасоль зерновая и овощная в западной Сибири: селекция, агротехника, использование / Н.Г. Казыдуб, О.А. Коцюбинская, С.П. Кузьмина, М.М. Плетнева ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. – Омск : Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2022. – 225 с. – ISBN 978-5-907507-38-8. – EDN AGGCTW.

37. Катюк, А.И. Пищевые достоинства семян фасоли сои и гороха сортов селекции Самарского НИИСХ [Текст] / А.И. Катюк, Е. Н. Шаболкина, А. В. Васин, К. А. Булатова, Н. В. Анисимкина // Зерновое хозяйство России. – 2019. – №4. – С. 8-13.

38. Кириченко, В.В., и др. Ідентифікація ознак зернобобових культур (квасоля, нут, сочевиця) навчальний посібник.- Хаків: ІР ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2009 – 118 с.

39. Колмаков, Ю.В. Фасолевый компонент в хлебобулочных и кондитерских изделиях: метод. пособие / Н.Г. Казыдуб, Л.А. Зелова, А.П. Клинг. – Омск: Изд-во Ом. ГАУ, 2013. – 50 с.

40. Костикова, Н.О. Оценка различных сортов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) по химическому составу и энергетической ценности зерна

/ Н.О. Костикова, О.А. Миющ // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3(39). – С. 97-101. – DOI 10.24412/2309-348X-2021-3-97-101. – EDN ESYCGF.

41. Коцарева, Н.В. Проявление хозяйственно ценных признаков сортов фасоли овощной в условиях юго-запада ЦЧР / Н.В. Коцарева, В.Е. Деговцов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 7. – С. 121-123. – EDN YIKMXH.

42. Кумаков, В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. М.:Агропромиздат. – 1985. – С.270

43. Курлович, Б.С. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур (люпин, вика, соя, фасоль) / Б.С. Курлович, С.И. Репьев, Л.Г. Щелко, В.И. Буданова, М.В. Петрова и др.; Под ред. Б.С. Курловича, С.И. Репьева. Теоретические основы селекции растений. Т III – СПб.: ВНИИР, 1995. – С. 438

44. Лазарева Е.К. Морфобиологические и биохимические особенности сортообразцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*L.) в условиях орловской области. Дисс. На соискание канд. с.-х. наук 06.01.05/ Е.К. Лазарева. – Орел, 2006. – С. 141

45. Ларионов, Ю.С. Перспективы селекции высококачественных белков, сбалансированных по аминокислотному составу на основе культуры фасоли / Ю.С. Ларионов // Омский научный вестник. – 2012. – № 2(114). – С. 159-161. – EDN PMJWCT.

46. Лаханов, А.П. Продуктивность фотосинтеза сортов фасоли в процессе онтогенеза растений. /А.П. Лаханов /Бюллетень научно-технической информации Всесоюзного научно-исследовательского института зернобобовых и крупяных культур IX. – Орел, 1974 – С.22-26.

47. Лаханов, А.П. Действие и последствие низких положительных температур в онтогенезе растений на интенсивность дыхания сортов фасоли. /А.П. Лаханов /Бюллетень научно-технической информации Всесоюзного научно-исследовательского института зернобобовых и крупяных культур XI. – Орел, 1975. – С. 29-34.

48. Лаханов, А.П. Влияние термического закаливания семян на продуктивность и холодоустойчивость гречихи и фасоли /А.П. Лаханов, Н.Е. Балачкова/ Бюллетень научно-технической информации Всесоюзного научно-исследовательского института зернобобовых и крупяных культур (29) – Орел, 1981. – С. 60-64.

49. Леонова, С.А. Свойства новых селекционных сортов зернобобовых культур, определяющие возможность их переработки в продукты здорового питания / С.А. Леонова, А.Л. Вебер, Л.Р. Мухаметрахимова, О.В. Илларионова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4(56). – С. 54-61. – DOI 10.31563/1684-7628-2020-56-4-54-61. – EDN DMRSZT.

50. Лисицын, Е.М., Использование маркерной селекции в создании моделей сортов зерновых культур, устойчивых к абиотическим стрессам / Е.М. Лисицын // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 64. – №3. – С. 4-12.

51. Лебкова, О.А. Параметры экологической пластичности фасоли обыкновенной зернового типа в условиях Орловской области / О.А. Лебкова //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022.-№3 (43). – С. 33-40. DOI 10/24412/2309-348X-2022-3-33-40

52. Маракаева, Т.В. Вклад симбиотического азота бобовых (фасоль овощная и зерновая)в плодородие почв Западной Сибири / Т.В. Маракаева, Н.В. Листратова, К.А. Демьяненко // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. – 2011. – № 2. – С. 226-229.

53. Минюк П.М. Фасоль. – Минск: Ураджай, 1991. – С. 92

54. Мирошникова, М.П. Основные аспекты моделирования сортов зерновой фасоли для Центрально-черноземных и северных регионов РФ / М.П. Мирошникова, А.М. Задорин, О.А. Миюц // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 4(12). – С. 48-52.

55. Мирошникова, М.П. Современный генофонд и направления селекции зерновой фасоли / М.П. Мирошникова // Земледелие – 2015. – № 4. – С. 43-45. – EDN TZVKEZ.

56. Миющ, О.А. Различные взгляды на историю происхождения фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) / О.А. Миющ // Роль молодых ученых в решении актуальных проблем сельского хозяйства: тенденции, инновации и перспективы: международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов, Орел, 26 ноября 2020 года. – Орел: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур Российской академии сельскохозяйственных наук. Орел. – 2020. – С. 118-123. – EDN KLMIMJ.

57. Миющ, О.А. Особенности фотосинтеза в наиболее важные фазы роста фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) разных периодов селекции /О.А. Миющ // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Роль молодых ученых в инновационном развитии сельского хозяйства» 11-14 ноября. Орел. – 2019. – С. 111-114.

58. Миющ, О.А. Транспирация растений фасоли обыкновенной зернового типа в онтогенезе /О.А. Миющ, Е.И. Чекалин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020 – №3(35) – С.-84-92.

59. Миющ, О.А. Обоснование параметров модели высокопродуктивного сорта фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* (L.)Savi) для Центральной полосы России /О.А. Миющ, М.П. Мирошникова // Земледелие. 2021. – № 4. – С. 31–34. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10408.

60. Новоселов С.Н. Философия идеотипа сельскохозяйственных культур. I. Методология и методика [электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ, 2006. № 24 (8). Режим доступа <http://ej.kubagro.ru/2006/08/27.pdf> (дата обращения 25.03.2021).

61. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений /А. А. Ничипорович //Физиология растений. – Москва. – 1977. – Т.3. – С-11-54.

62. Павловская, Н.Е. Биохимия фасоли : монография / Н.Е. Павловская, И.Н. Гагарина, М.П. Мирошникова. – Орел : Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2008. – 128 с. – ISBN 978-5-93382-112-0. – EDN XCASTH.
63. Паркина, О.В. Сорта фасоли овощной для Сибири / О.В. Паркина // Вестник овощевода. – 2009. – № 3. – С. 12-13. – EDN KXVIII.
64. Оценка устойчивости к полеганию однодольных и двудольных культур на основе изучения анатомического строения стебля / А.В. Пинкаль, Ю.В. Кривко, Л.А. Кротова [и др.] // Омский научный вестник. – 2012. – № 2(114). – С. 172-175. – EDN PMJWEN.
65. Плетнева, М.М., Оценка образцов фасоли обыкновенной по хозяйственно-ценным признакам и качеству зерна для селекции в южной лесостепи Западной Сибири. дисс. на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Омск, 2019. – С. 216.
66. Поиск по реестрам ФГБНУ «Сорткомиссия» – Государственный реестр селекционных достижений [Электронный ресурс]. – Москва, 1924-2022 г. – Режим доступа <https://reestr.gossortrf.ru/search/>
67. Полонская, Д.Е. Эффективность симбиотической азотфиксации у различных бобовых культур в условиях Красноярской лесостепи / Д.Е. Полонская, И. В. Боев // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 4(43). – С. 16-19.
68. Посевные площади по культурам в 2020 году. Лидеры по приросту и сокращению [Электронный ресурс] – Майкоп, 2020 г. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-po-kulturam-v-2020-godu-lidery-po-prirostu-i-sokrascheniyu>.
69. Пухальская, Н.Ф. Особенности анатомо-морфологического строения бобов фасоли и некоторых других зернобобовых : автореферат дис. ... кандидата биологических наук / Пухальская Н.Ф.; [Место защиты: Московская ордена Ленина сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева]. – Москва, 1964. – 22 с.

70. Синюшин, А.А. К унификации описательной терминологии в селекции бобовых. Соцветие / А.А. Синюшин // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2018. – Т. 179. – № 1. – С. 89-102. – DOI 10.30901/2227-8834-2018-1-89-102.
71. Снижение импорта в РФ на текущий момент оценивается примерно в 30% - Белоусов. [Электронный ресурс]. – Москва, 2022 г. Режим доступа: <https://milknews.ru/index/import-ssnizhenie.html>.
72. Стаканов, Ф.С. Фасоль/Ф.С. Стаканов. – Кишинев: Штиинца, 1986. – 180 с.
73. Тихонович, И.А. Принципы селекции растений на взаимодействие с симбиотическими микроорганизмами / И.А. Тихонович, Н.А. Проворов // Информационный вестник ВОГиС. – 2005. – Т. 9. – № 3. – С. 295-305.
74. Тедорадзе, С.Г. Об итогах и перспективах селекции фасоли в СССР. /С. Г. Теодорадзе // Сельскохозяйственная биология, 1982.- Т.17. - № 2.- С. 203-208.
75. Трунова, М.В. Модель высокопродуктивного среднераннеспелого сорта сои для условия недостаточного увлажнения юга России / М.В. Трунова, А.В. Кочегура // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои : Сборник статей 2-ой международной конференции по сое, Краснодар, 09–10 сентября 2008 года. – Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта, 2008. – С. 85-90. – EDN YVDYWD.
76. Тутельян, В.А., Перспективные источники фитонутриентов для специализированных пищевых продуктов с модифицированным углеводным профилем: опыт традиционной медицины. / В.А. Тутельян, Т.Л. Киселева, А.А. Кочеткова, Е.А.Смирнова, М.А. Киселева, В.А. Саркисян // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85. – № 4. – С. 46-60.
77. Фицев, А.И. Качество протеина и содержание антипитательных веществ в зерне различных сортов вики яровой / А.И. Фицев, Ф.В. Воронкова,

Л.М. Коровина // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2003. – № 1. – С.18-20.

78. Чекалин, Е.И. Интенсивность фотосинтеза генотипов сои в условиях Центрального региона России / Е.И. Чекалин, А.В. Амелин, Н.Б. Сальникова // Вавиловские чтения – 2016 : сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 24–25 ноября 2016 года. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2016. – С. 148-152. – EDN XCGPGR.

79. Чекалин, Е.И. Влияние температуры, увлажнения и фазы роста на интенсивность фотосинтеза листочков и прилистников растений гороха посевного / Е.И. Чекалин, А.В. Амелин, И.В. Кондыков // Вестник аграрной науки. – 2017. – № 5(68). – С. 12-18. – DOI 10.15217/issn2587-666X.2017.5.12. – EDN XFEXIP.

80. Шипулин, О.А. Моделирование сорта, как основа селекционного процесса / О.А. Шипулин // Наука, инновации и международное сотрудничество молодых ученых-аграриев : Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, Орел, 23–24 декабря 2016 года / ФГБНУ ВНИИЗБК. – Орел: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зернобобовых и крупяных культур Российской академии сельскохозяйственных наук, 2016. – С. 241-243. – EDN YMBRBO.

81. Якубенко, О.Е. Оценка перспективных образцов фасоли овощной по селекционноценным признакам / О.Е. Якубенко, О.В. Паркина // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 2. – С. 29-33. – DOI 10.24411/0235-2451-2020-10206.

82. Acosta-Diaz, E. Collection and Characterization of Wild Species of Phaseolus (Fabaceae) in Northeastern Mexico for Ex Situ Conservation / E. Acosta-Diaz, I. Hernandez-Torres, M.D. Amador-Ramirez, J.S. Padilla-Ramirez, F. Zavala-

García, A.D. Baez-Gonzalez // Plant Ecology and Evolution / 2015. – Vol. 148 (1) – P. 119-127(9).

83. Agrovesti.net. 2012. [Электронный ресурс] URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/posevnye-ploshchadi-po-kul-turam-v-2020-godu-lidery-po-prirostu-i-sokrashcheniyu.html>.

84. Bitocchi, E. Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. Proceedings of the National Academy of Sciences Early Edition. Correa / E. Bitocchi, L. Nanni, E. Bellucci, M. Rossi, A. Giardini, P. Spagnoletti Zeuli, G. Logozzo, J. Stougaard, P. McClean, G. Attene et al. // Epidemiological correlations between diet and cancer frequency. Cancer Res. 1981, 41. – P. 3685–3689.

85. Broughton, W. J. Beans (*Phaseolus* Spp.) – Model Food Legumes / [et al.]/ Plant and Soil. – 2003. – Vol. 252. – P. 55–128.

86. Champ, M.M. Non-nutrient bioactive substances of pulses. / M.M. Champ /Br. J. Nutr. – 2002. – № 88. – P. 307–319

87. Consensus document on the biology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, Paris. – 2015. – №. 59 (47). – P. 34 [Электронный ресурс] URL: [https://one.oecd.org/document/env/jm/mono\(2015\)47/en/pdf](https://one.oecd.org/document/env/jm/mono(2015)47/en/pdf).

88. De Flora, S. Mechanisms of inhibitors of mutagenesis and carcinogenesis. / S. De Flora / Mutat. Res. – 1998. – Vol. 402. – P. 151–158.

89. FAO Phaseolus Bean: Post-Harvest Operations, Food and Agriculture Organization of the United Nations. – 1999. [Электронный ресурс] URL: https://www.fao.org/pulses2016/resources/faopublications/en/?page=5&ipp=5&no_cache=1.

90. Fernandes, S.B. Genotype x environment interaction and its implication in identification of common bean populations with high calcium content / S.B. Fernandes, A.F.B. Abreu, M.A.P. Ramalho // Genetics and Molecular Research. – 2016. – Vol. 15 (2) . – P. 1–9.

91. Freytag, G. F. Taxonomy, Distribution, and Ecology of the Genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionodeae) in North America / G. F. Freytag, D. G. Debouck // Mexico and Central America", SIDA Botanical Miscellany. – 2002. – Vol. 23. – P. 1–298.
92. García, E. H. Morphological and Agronomic Traits of a Wild Population and an Improved Cultivar of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) / Edith H. García, Cecilia B. Penna-Valdivia, J.R. Rogelio Aguirre, Jose S. M. Muruaga// Annals of Botany. – 1997. – №. 79. – P. 207–213.
93. Gentry, H. S. Origin of the Common Bean, *Phaseolus Vulgaris*/ H. S. Gentry // Economic Botany. – 1969. – Vol. 23 №1. – P. 55–69. – DOI:10.1007/BF02862972.
94. Huber, K. Phenolic acid, flavonoids and antioxidant activity of common brown beans (*Phaseolus vulgaris* L.) before and after cooking. / P. Brigide, E.B. Bretas,; S.G. Canniatti-Brazaca // J. Nutr. Food Sci. – 2016. - № 6. – P. 1–7.
95. Hayat, I. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An overview / I. Hayat, A. Ahmad, T. Masud, A. Ahmed, S. Bashir // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. – 2014. – №54. – P. 580–592.
96. Gonzales Torres, R.I., Wild common bean in the central valley of Costa-Rica: ecological distribution molecular characterization / R. I. Gonzales Torres, R. A. Villalobos, E. G. Solis, D. G. Debouk – 2004. [Электронный ресурс] URL: <http://www.bionica.info/biblioteca/Gonzalez2004Phaseolus.pdf>.
97. Kumar G. Polyphenol-rich dry common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Health Benefits / G. Kumar, X. Baojun // International journal of natural science. – 2017. – Vol. 18 (11). – P. 2331; [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.3390/ijms18112331> <https://www.mdpi.com/1422-0067/18/11/2331> (15 марта 2020).
98. Kwak, M. Multiple Origins of the Determinate Growth Habit in Domesticated Common Bean (*Phaseolus Vulgaris*) / M. Kwak, O. Toro, D. G. Debouck, P. Gepts// Annals of Botany. – 2012. – Vol. 110 (8). – P. 1573–1580. doi:10.1093/aob/mcs207.

99. Lestari, L.A. The development of low glycemic index cookie bars from foxtailmillet (*Setariaitalica*), arrowroot (*Marantaarundinacea*) flour, and kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) / L.A. Lestari, E. Huriyati, Y. Marsono // *J Food SciTechnol.* – 2017. – Vol. 54 (6). – P. 1406–1413.
100. Loko, L. E. Y, Morphological characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces of Central region of Benin Republic / L. E. Y. Loko, A. Oro-biyi, A. Adjatin, J. Akpo, J. Toffa, G. Djedatin, A. Dansi // *Journal of Plant Breeding and Crop Science* – 2018. – Vol. 10 (11). – P. 304-318. [Электронный ресурс] URL:https://www.researchgate.net/publication/328430443_Morphological_characterization_of_common_bean_Phaseolus_vulgaris_L_landraces_of_Central_region_of_Benin_Republic. – DOI:10.5897/JPBCS2018.0766.
101. López, A. Effect of cooking and germination on phenolic composition and biological properties of dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) / A. López, T. M. El-Naggar, Dueñas, T. Ortega, I. Estrella, T. Hernández, M.P. Gómez-Serranillos, O.M. Palomino, M.E. Carretero // *Food Chem.* – 2013. – P. 547–555.
102. Machado, C.M.; Impact of the hard-to-cook phenomenon on phenolic antioxidants in dry beans (*Phaseolus vulgaris*) / C.M. Machado, M.G. Ferruzzi, S.S. Nielsen // *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – № 56. – P. 3102–3110.
103. Mascianica, M.P. No-tillage snap bean growth in wheat stubble of varied height / M.P. Mascianica, H.P. Wilson, R.F. Walden // *Hortic. Sc.* – 1986. – Vol. 111. – № 6. – P. 853–857.
104. Miyuts, O. A. Interpretation of Features of Seed Productivity of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L. Savi) of Different Ripeness Groups in Breeding for Early Ripeness / O. A. Miyuts, M. P. Miroshnikova, P. V. Yatchuk // *Towards an Increased Security: Green Innovations, Intellectual Property Protection and Information Security : Conference proceedings, Switzerland* – Switzerland: Springer, 2022. – P. 139-150. – DOI 10.1007/978-3-030-93155-1_17. – EDN RVDQCW.

105. Monk, J.M. Navy and black bean supplementation primes the colonic mucosal microenvironment to improve gut health / J.M. Monk, D. Lepp, W. Wu, K.P. Pauls, L.E. Robinson, K.A. Power // *J. Nutr. Biochem.* – 2017. – №49. – P. 89–100.
106. Monk, J.M. Diets enriched with cranberry beans alter the microbiota and mitigate colitis severity and associated inflammation / J.M. Monk, D. Lepp, C.P. Zhang, W. Wu, L. Zarepoor, J.T. Lu, K.P. Pauls, et al. // *J. Nutr. Biochem.* – 2016. – № 28. – P. 129–139.
107. Mojica, L. Black bean anthocyanin-rich extracts as food colorants: Physicochemical stability and antidiabetes potential / L. Mojica, M. Berhow, E. Gonzalez de Mejia // *Food Chem.* – 2017. – № 229. – P. 628–639.
108. Mmbaga, M. T. Nonspecific Resistance to Rust in Pubescent and Glabrous Common Bean Genotypes / M. T. Mmbaga, J. R. Steadman // *Phytopathology* – 1992. – № 82. – P. 1283–1287.
109. Muzquiz, M. The investigation of antinutritional factors in *Phaseolus vulgaris*. Environmental and varietal differences/ M. Muzquiz, C. Burbano, G. Ayet, M.M. Pedrosa, C. Cuadrado // *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* – 1999. – №3. – P. 210–216.
110. Lajolo, F.M.; Nutritional significance of lectin and enzyme inhibitors from legumes / F.M. Lajolo, M.I. Genovese // *J. Agric. Food Chem.* – 2002. – №50. – P. 6592–6598.
111. Nahimana, M. Highlights of bruchid research in the Great Lakes Region. Proceedings of 3rd Southern Africa Community / M. Nahimana / Centro Internacional de Agricultura Tropical (SADC/CIAT) Bean research Worcshop. CIAT African Workshop Series. – Mbabane, Swaziland. – 1992. – № 27. – P. 153-163.
112. Negasi, F. Studies on the economic importance and control of bean bruchids in haricot bean / F. Negasi / M.Sc. Thesis, AlemayaUniv. Agric., Alemaya, Ethiopia. – 1994. – P. 103.

113. Oomah, B. D. Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L) / B.D. Oomah, A. Cardador-Martinez, G. Loarca-Piña // J. Sci. Food Agric. – 2005. – № 85. – P. 935–942.

114. Papa, R. Asymmetry of Gene Flow and Differential Geographical Structure of Molecular Diversity in Wild and Domesticated Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) from Mesoamerica/ R. Papa, P. Gepts // Theoretical and Applied Genetics. – 2003. – Vol. 106 (2). – P. 239–50. – DOI:10.1007/s00122-002-1085-z.

115. Pillemer E. A., Hooked Trichomes and Resistance of *Phaseolus Vulgaris* to *Empoasca Fabae* / E. A. Pillemer // Entomologia Experimentalis et Applicata. – 1978. – Vol. 24 (1), – P. 83–94. – DOI:10.1111/j.1570- 7458.1978.tb02758.x.

116. Porch, T. Use of Wild Relatives and Closely Related Species to Adapt Common Bean to Climate Change / T. Porch et al. // Agronomy. – 2013. – № 3 (2). – P. 433–61. – DOI:10.3390/agronomy3020433.

117. Purseglove, J. W. Tropical Crops: Dicotyledons / J. W. Purseglove / Longmans, London, 1968. – P. 719.

118. Rendón-Anaya, M. Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species / M. Rendón-Anaya¹, J. M. Montero-Vargas, S. Saburido-Álvarez¹, A. Vlasova, S. Capella-Gutierrez, J. J. Ordaz-Ortiz¹ et. al // Genome Biology. – 2017. – DOI 10.1186/s13059-017-1190-6 [Электронный ресурс]

URL:https://www.researchgate.net/publication/315705803_Genomic_history_of_the_origin_and_domestication_of_common_bean_unveils_its_closest_sister_species.

119. Sabater, V.M. Inhibition of aflatoxin B1 mutagenicity by cyclopiazonic acid in the presence of human liver preparations / V.M. Sabater, M.E.M. Kuilman-Wahls,; J. Fink-Gremmels // Toxicol. Lett. – 2003. – № 143. – P. 291–299.

120. Singh, S. P. Breeding Common Bean for Resistance to Diseases: A Review / S. P. Singh, H. F. Schwartz // Crop Science. – 2010. – Vol. 50 (6). – P. 2199–2223. – DOI:10.2135/cropsci2009.03.0163.

121. Singh, S. P. Races of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris*, Fabaceae) / S. P. Singh, S.P. Gepts, D.G. Debouck // *Economic Botany*. – 1991. – Vol. 45 (3). – P. 379–96. – DOI:10.1007/BF02887079.
122. Tanaka, A. Growth, Photosynthesis and Yield Components in Relation to Grain Yield of the Field Bean / Tanaka Akira, Fujita Konosuke / *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University*. 1979. – Vol. 59(2). – P. 145-238.
123. Van Schoonhoven, A., Common bean: research for crop improvement. / A. Van Schoonhoven, O.Voysest / *CIAT*. – 1991. – P. 980
124. Vergara-Castañeda, H. A. Non-digestible fraction of cooked bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Bayo Madero suppresses colonic aberrant crypt foci in azoxymethane-induced rats / H.A. Vergara-Castañeda, R.G. Guevara-González, M. Ramos-Gómez, R. Reynoso-Camacho, H. Guzmán-Maldonado, A.A. Feregrino-Pérez, B.D. Oomah, G. Loarca-Piña // *Food Funct* – 2010. – № 1. – P. 294–300.
125. Weller J. L., Parallel origins of photoperiod adaptation following dual domestications of common bean / J. L. Weller, J. K. Vander Schoor, E. C. Perez-Wright, V. Hecht, A. M. González et. al // *Journal of Experimental Botany*. – 2019. – V.70 (4). – P. 1209-1219.
126. Williams, G.M.; Iatropoulos, M.J.; Jeffrey, A.M. Anticarcinogenicity of monocyclic phenolic compounds / G.M. Williams, M.J. Iatropoulos, A.M. Jeffrey // *Eur. J. Cancer Prev.* – 2002. – № 11. – P. 101–107.
127. Winham, D.M. Glycemic Response to Black Beans and Chickpeas as Part of a RiceMeal / D.M. Winham, A.M. Hutchins, S.V. Thompson // *Nutrients*. – 2017. – Vol. 9. – P. 1–12.
128. Wortmann, C. S. *Phaseolus Vulgaris* L. (common Bean); *Prota 1: Cereals and pulses*/ C. S. Wortmann / *Céréales et légumes secs*. – 2006. [Электронный ресурс] URL:[http://database.prota.org/PROTAhtml/Phaseolus vulgaris \(common bean\)_En.htm](http://database.prota.org/PROTAhtml/Phaseolus_vulgaris_(common_bean)_En.htm) (assessed on 07 October 2015).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А.

Показатели технологичности однофазной уборки семян фасоли в среднем,
2013..2012гг., 2018...2020 гг.*

Сортообразец	Длина, см			В.П.Н.Б*, см	Устойчивость к полеганию, в баллах
	Стебля	От корневой шейки до первого междоузлия	Боба		
Кустовая без волокна 85	67	3,0	11	20	5,0
Сакса без волокна 615	43	3,0	11	18	5,0
Днепровская бомба	83	2,0	12	16	3,0
Горналь	40	1,0	11	12	4,5
Нерусса	54	1,0	8	13	3,0
Шоколадница	63	3,5	11	23	4,0
Гелиада (st.)	47	3,0	11	22	5,0
Рубин	37	3,0	11	18	5,0
Услава	47	2,0	12	17	4,5
02-173	40	2,0	13	17	4,5
Стрела	49	3,0	10	19	5,0
Маркиза	53	3,0	14	20	5,0
C _v , %	26	17	18	15	-

Приложение Б

Б 1. Показатели перспективного высокопродуктивного сорта фасоли обыкновенной зернового использования по основным элементам семенной продуктивности, в среднем за годы изучения

Наименование	Гелиада (st.)	Рубин	Стрела	Маркиза	Высокопродуктивный сорт
Число бобов на растении, шт.	10-15	12-22	15-26	13-25	25-40
Число семян бобе, шт.	3-4	3-4	3-4	3-4	4-7
Число семян с растения, шт.	35-50	33-55	32-60	38-50	50-80
Масса семян с растения, г	16,7-23,0	18,4-34,5	14,8-25,0	12,0-31,4	23,0-40,0
Масса 1000 семян, г	347-424	280-430	161-252	350-390	300-450
Урожайность семян, т/га	2,30-2,65	2,50-3,40	2,55-3,83	2,43-3,58	4,00-4,50
b _i	0,30	0,25	1,76	1,53	> 1

**Б 2. Показатели технологичности однофазной уборки семян фасоли
среднем за годы исследования**

Наименование	Гелиада (st.)	Рубин	Стрела	Маркиза	Высокопро- дуктивный сорт
Длина стебля, см	47-50	35-57	55-75	45-65	50-65
Высота прикрепления нижнего боба, см	15-22	15-22	18-28	12-18	22-28
Длина боба, см	11-13	12-15	10-11	13-15	13-15
Устойчивость к полега- нию, балл	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Продолжительность пе- риода вегетации, дней	77-80	74-85	80-84	78-83	80-85

**Б 3. Параметры чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетический
потенциал и площадь листьев в среднем за годы исследований.**

Наименование	Гелиада (st.)	Рубин	Стрела	Маркиза	Новый сорт
Чистая продуктивность фотосинтеза, в фенофазу плоский боб, г/м ² сут	6,4	4,5	10,7	4,6	4,5-16,5
Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² •сут/га	455,5	387,4	421,2	518,1	350,0-600,0
Средняя площадь листьев на одном растении, см ²	671,3	624,0	702,4	960,8	750,0-1000,0

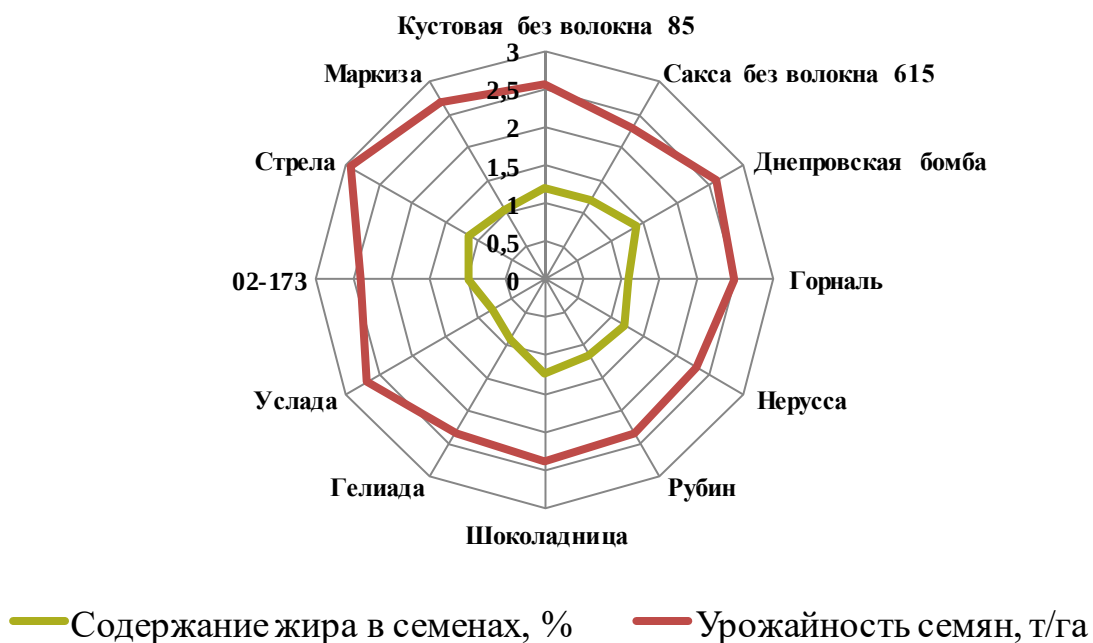
Приложение В.

Продолжительность фенофаз фасоли обыкновенной зернового использования, дней

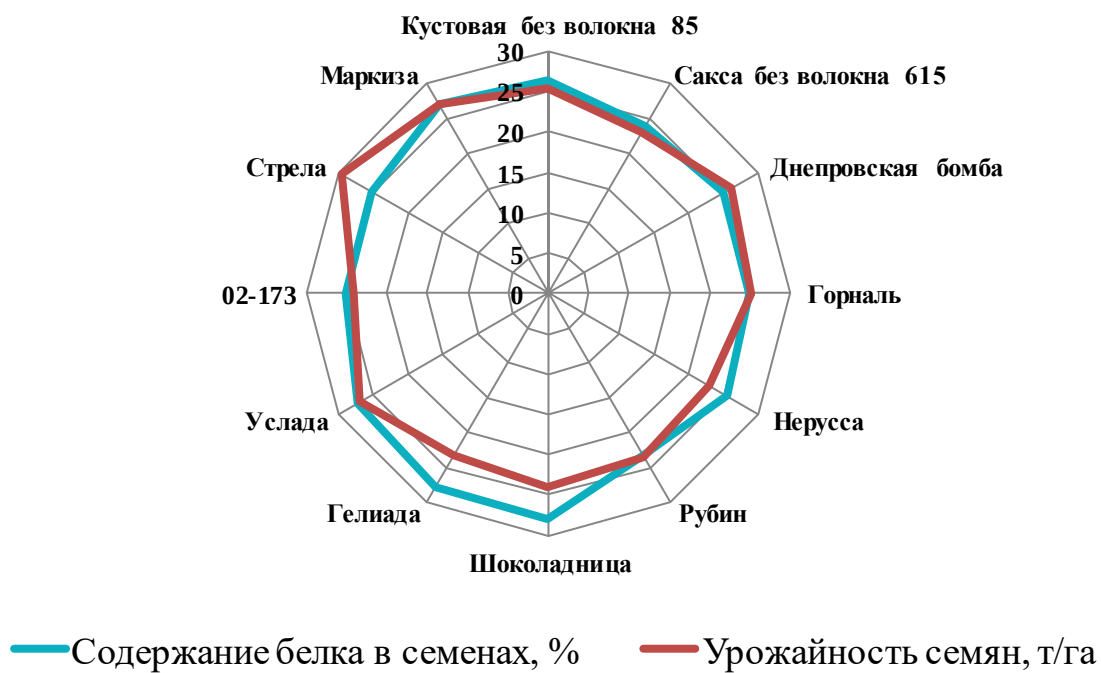
Сорт	Всходы-цветение						Цветение-созревание						Всходы-созревание					
	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее	2012	2013	2018	2019	2020	Среднее
1940-1960 гг.																		
Кустовая без волокна 85	32	30	32	30	28	30	50	39	48	55	61	51	82	69	80	85	89	81
Сакса без волокна 615	32	29	30	30	31	30	48	42	35	40	43	42	80	71	65	70	74	72
Днепровская бомба	46	47	50	51	58	50	62	63	45	43	40	51	108	110	95	94	98	101
1980-2000 гг.																		
Горналь	42	33	30	31	31	33	39	36	47	53	51	45	81	69	77	84	82	79
Нерусса	46	47	45	37	52	45	60	61	47	51	46	53	106	108	92	88	98	98
2001-2009 гг.																		
Рубин	32	29	27	31	26	29	48	31	50	47	54	46	80	60	77	78	80	75
Шоколадница	42	38	36	42	41	40	39	31	49	45	48	42	81	69	85	87	89	82
Гелиада (st.)	46	33	31	30	29	34	34	38	46	52	51	44	80	71	77	82	80	78
2010-2013 гг.																		
Улада	42	38	30	39	30	36	40	41	52	39	52	45	82	79	82	78	82	81
02-173	32	30	28	31	32	31	45	39	49	47	48	46	77	69	77	78	80	77
2016-2019 гг.																		
Стрела	-	-	28	30	32	30	--	-	57	52	48	52	-	-	85	82	80	82
Маркиза	-	-	28	31	30	30	-	-	56	51	48	52	-	-	84	82	78	82

Приложение Г

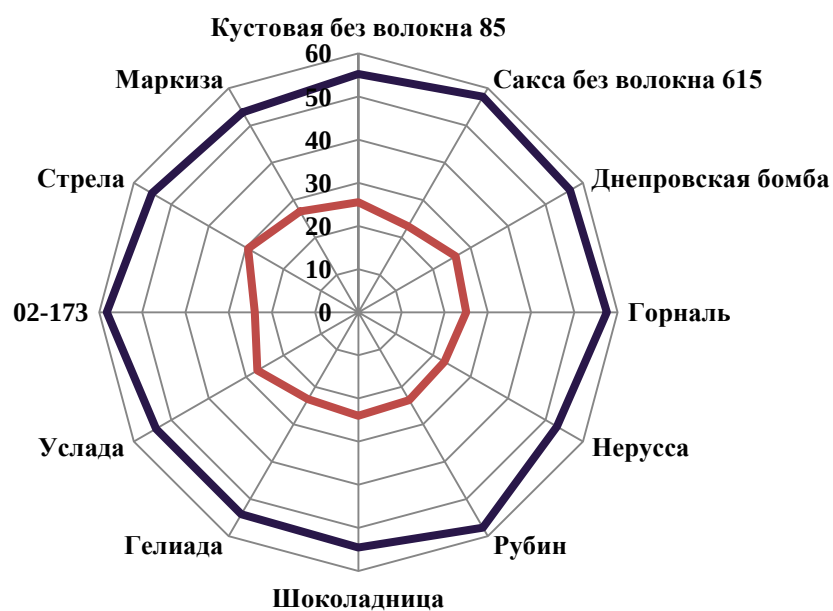
Показатели качества семян



Г 1. Содержание жира в семенах (%) и урожайность семян, т/га.

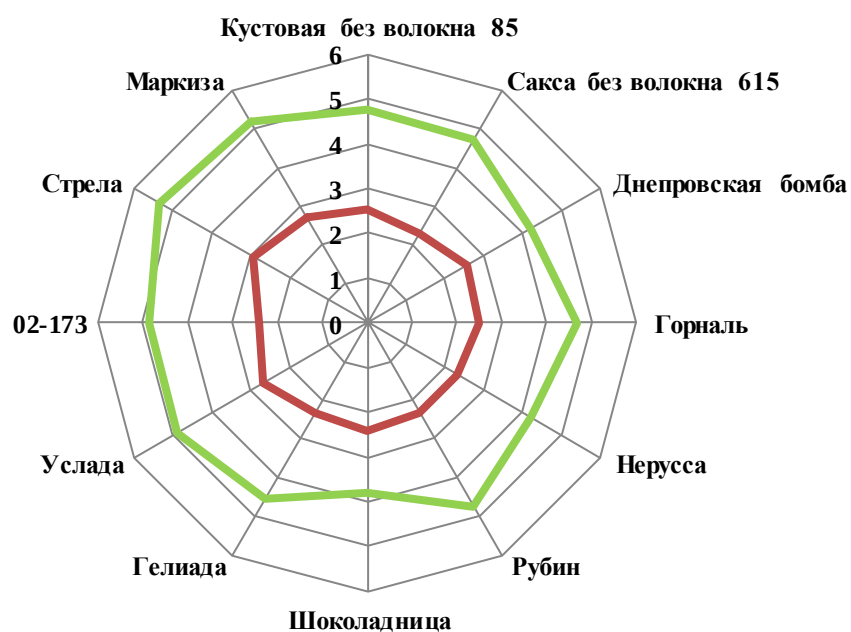


Г 2. Содержание белка в семенах (%) и урожайность семян, т/га.



— Содержание БЭВ в семенах, % — Урожайность семян, т/га

Г 3. Содержание БЭВ в семенах (%) и урожайность семян, т/га.



— Содержание клетчатки в семенах, % — Урожайность семян, т/га

Г 4. Содержание клетчатки в семенах (%) и урожайность семян, т/га.

Приложение Д



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

**АВТОРСКОЕ
СВИДЕТЕЛЬСТВО**
№ 77887

Фасоль обыкновенная

ХАБАРОВСКАЯ

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 04.09.2020

ПО ЗАЯВКЕ № 8154096 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 26.11.2018

Патентообладатель(и)

ФГБУН 'ХФИЦ ДВО РАН'

ФГБНУ 'ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ
КУЛЬТУР'

Автор(ы) :

МИОЦ ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА

ЗАДОРИН А.М., ЗЕЛЕНОВ А.А., МИРОШНИКОВА М.Н., ШЕНЕЛЬ О.Л.

*Зарегистрировано в Государственном реестре
охраняемых селекционных достижений*

Врио председателя



О.С. Лесных

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственная комиссия Российской Федерации
по испытанию и охране селекционных достижений»

АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 84824

Фасоль обыкновенная

КУПАВА

выдано в соответствии с решением Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений от 23.06.2023

ПО ЗАЯВКЕ № 7853206 С ДАТОЙ ПРИОРИТЕТА 08.11.2021

Патентообладатель(и)

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Автор(ы): **МИЮЦ ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА**

БУДАРИНА Г.А., ГУСАРОВА И.Л., ЗЕЛЯКОВА А.Г., МИРОШНИКОВА М.П.

*Зарегистрировано в Государственном реестре
охраняемых селекционных достижений*

Председатель



 **М.Ю. Александров**

Приложение Е

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНОБОБОВЫХ И
КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»
(ФГБНУ ФНЦ ЗБК)

№ 11124.03.2024г.

пос. Стрелецкий, Орловский р-н, Орловская обл.



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБНУ ФНЦ ЗБК

А.А. Полухин

«24» 03 20 24 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научного исследования в практику

г. Орел

«24» 03 20 24 г.

Мы, нижеподписавшиеся, старший научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых культур Лебкова Ольга Александровна и заведующий отделом маркетинга Бишук Виктор Николаевич Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» составили настоящий акт о том, что семена фасоли обыкновенной сорта Стрела (оригинатор ФГБНУ ФНЦ ЗБК, патент № 8439 от 8 апреля 2016 г) реализовывались в объеме:

- 1 т (РННС) семян в ООО «Дубовицкое», юридический адрес Орловская область, Малоархангельский район, с. Дубовик договор купли-продажи № 23/м 17 апреля 2014;

- 2 т ориг. (ПР2) 2 т семян в ООО «Дубовицкое юридический адрес Орловская область, Малоархангельский район, с. Дубовик, договор купли-продажи №38/м 18 апреля 2017 г;

- 2 т ориг. (ПР3) семян в ООО «Луч» юридический адрес Ростовская область, Чертковский район, п. Чертково, пер. Толстого, д. 28, каб. 9. Договор купли-продажи № 96/м 24 декабря 2018 г.

Старший научный сотрудник
лаборатории селекции зернобобовых культур
ФГБНУ ФНЦ ЗБК

 О. А. Лебкова

Заведующий отделом маркетинга
ФГБНУ ФНЦ ЗБК

 В. Н. Бишук