

Биохимический состав и пищевая ценность зерна сортов сои различных групп спелости, возделываемых в условиях юга России

О.Г. Шабалдас

Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение: Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) является одной из базовых зернобобовых культур мирового земледелия и стратегическим сырьем для пищевой и кормовой индустрии благодаря высокому содержанию растительного белка и масла. Вместе с тем остается методологически значимый пробел в уточнении того, как сортовые особенности в сочетании с условиями выращивания в зоне неустойчивого увлажнения влияют на формирование урожайности, накопление белка и жира, а также выраженность антипитательных факторов (в частности, трипсинингибирующей активности).

Цель: Оценить урожайность, биохимический состав и технологические показатели зерна сортов сои различных групп спелости, возделываемых на Юге России, и выделить генотипы, обеспечивающие стабильную продуктивность и качество в неблагоприятных климатических условиях.

Материалы и методы: Полевые исследования выполнены в 2017–2019 гг. на опытной станции Ставропольского ГАУ. Изучали сорта Лира (стандарт), Бара, Парус, Кора, Вилана, Зара. Содержание белка и жира определяли по действующим ГОСТ (ГОСТ 10846-91; ГОСТ ISO 11085-2016), трипсинингибирующую активность — по ГОСТ 33427-2015; измерения проводили методом ИК-спектроскопии на MA-TRIX-I с регистрацией спектров в диапазоне 3500–12500 см⁻¹ (разрешение 16 см⁻¹) в соответствии с ПО OPUS. Технологические показатели включали массу зерна и массу 1000 семян (ГОСТ 12042-80).

Результаты: Максимальная урожайность в условиях зоны неустойчивого увлажнения получена у среднеспелого сорта Зара — 2,22 т/га, что превышает стандарт (Лира) на 0,39 т/га. Наивысшая экологическая пластичность выявлена у раннеспелого сорта Кора ($b_i = 1,51$). Этот же сорт характеризовался максимальным суммарным содержанием белка и жира в зерне (62,2%). Минимальная трипсинингибирующая активность установлена у сорта Парус (19,8 мг/г). В целом, качество зерна изученных сортов соответствует требованиям к соевому сырью для пищевого и кормового использования.

Выводы: Результаты подтверждают выраженную сортовую специфичность продуктивности и качества соевого зерна и обосновывают практический подбор сортов для зоны неустойчивого увлажнения: Зара (как продуктивный генотип), Кора (как пластичный и высококачественный по белково-жировому комплексу), Парус (как перспективный по сниженной ТИА). Полученные данные могут быть использованы при селекционно-технологическом сопровождении производства сои для пищевой и перерабатывающей промышленности.

Ключевые слова: соя; сорт; зона неустойчивого увлажнения; урожайность; экологическая пластичность; качество зерна; белково-жировой комплекс; трипсинингибирующая активность; инфракрасная спектроскопия; масса 1000 семян

Корреспонденция:

Ольга Георгиевна Шабалдас
E-mail: shabaldas-olga@mail.ru

Конфликт интересов:

автор сообщает
об отсутствии конфликта
интересов.

Поступила: 07.08.2025

Принята: 15.12.2025

Опубликована: 30.12.2025

Copyright: © 2025 Автор



Для цитирования: Шабалдас, О.Г. (2025). Биохимический состав и пищевая ценность зерна сортов сои различных групп спелости, возделываемых в условиях юга России. *FOOD METAENGINEERING*, 3(4), 73-87. <https://doi.org/10.37442/fme.2025.4.97>

Influence of Climatic Conditions on the Biochemical Composition and Nutritional Value of Soybean Grain Varieties

Olga G. Shabaladas

Stavropol State Agrarian University,
Stavropol, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction: Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is one of the principal grain legume crops in global agriculture and a strategic raw material for the food and feed industries due to its high protein and oil contents. However, a methodologically important gap remains in clarifying how cultivar characteristics, in combination with growing conditions in zones of unstable moisture supply, affect yield formation, protein and oil accumulation, and the expression of antinutritional factors, particularly trypsin inhibitor activity.

Purpose: To assess yield, biochemical composition, and technological grain traits of soybean cultivars from different maturity groups grown in southern Russia, and to identify genotypes that ensure stable productivity and grain quality under adverse climatic conditions.

Materials and Methods: Field trials were conducted in 2017–2019 at the experimental station of Stavropol State Agrarian University. The cultivars Lira (standard), Bara, Parus, Kora, Vilana, and Zara were evaluated. Protein and oil contents were determined according to current GOST standards (GOST 10846-91; GOST ISO 11085-2016), and trypsin inhibitor activity (TIA) according to GOST 33427-2015. Measurements were performed by near-infrared (NIR) spectroscopy using an MA-TRIX-I spectrometer, with spectra recorded over 3500–12500 cm⁻¹ at a resolution of 16 cm⁻¹ using OPUS software. Technological traits included test weight and 1000-seed weight (GOST 12042-80).

Results: The highest yield under unstable moisture conditions was obtained for the mid-season cultivar Zara (2.22 t/ha), exceeding the standard (Lira) by 0.39 t/ha. The early-maturing cultivar Kora showed the greatest ecological plasticity ($bi = 1.51$) and the highest combined protein and oil content (62.2%). The lowest trypsin inhibitor activity was recorded for Parus (19.8 mg/g). Overall, grain quality parameters of the studied cultivars met the requirements for soybean raw material used in food and feed applications.

Conclusion: The findings confirm pronounced cultivar-specific differences in soybean productivity and grain quality and support evidence-based cultivar selection for zones of unstable moisture supply: Zara as a high-yielding genotype, Kora as a highly plastic genotype with superior protein–oil traits, and Parus as a promising cultivar with reduced TIA. The results may inform breeding and technological support of soybean production for the food and processing industries.

Keywords: soybean; cultivar; zone of unstable moisture supply; yield; ecological plasticity; grain quality; protein–oil complex; trypsin inhibitor activity; near-infrared spectroscopy; 1000-seed weight

Correspondence:

Olga G. Shabaladas

E-mail: shabaladas-olga@mail.ru

Conflict of interest:

The author report the absence of a conflict of interest.

Received: 07.08.2025

Accepted: 15.12.2025

Published: 30.12.2025

Copyright: © 2025 The Author



To cite: Shabaladas, O.G. (2025). Influence of climatic conditions on the biochemical composition and nutritional value of soybean grain varieties. *FOOD METAENGINEERING*, 3(4), 73-87. <https://doi.org/10.37442/fme.2025.4.97>

ВВЕДЕНИЕ

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) относится к числу ключевых бобовых культур мирового сельского хозяйства и занимает стратегическое место в системе продовольственного и кормового обеспечения благодаря сочетанию высокого содержания масла и белка, а также широкому спектру направлений переработки, включая получение пищевого растительного масла и белковых экстрактов для пищевых продуктов и кормов. Значимость культуры для производства продовольствия и для отрасли животноводства последовательно подчеркивается в современных работах, рассматривающих сою как универсальное сырье для формирования белково-жирового баланса в агропродовольственных цепочках (Banti, 2021; Синеговская, 2023; Поминов и соавт., 2025).

Глобальная роль сои подтверждается масштабами ее возделывания, сосредоточенными в крупнейших аграрных регионах, при этом география производства отражает устойчивый спрос на соевое сырье и продукты его глубокой переработки. Наибольшие площади посевов культуры приходятся на страны Американского континента и Южной Азии, что фиксируется в аналитических обзорах по мировому рынку и производственным тенденциям (Kumar et al., 2025). В российском аграрном контексте актуальность исследования сои усиливается расширением практик ее использования как в пищевом секторе, так и в кормопроизводстве, что делает сопоставление продуктивности и качественных характеристик семян в конкретных условиях возделывания прикладной задачей для растениеводства и переработки (Литвиненко с соавт, 2019; Guo et al., 2022; Речкина и соав., 2024; Тимошкин и соав., 2025).

Пищевая и технологическая ценность сои определяется прежде всего качеством ее белкового комплекса и жирнокислотного профиля масла. Соевый белок рассматривается как высококачественный и сбалансированный по аминокислотному составу компонент рациона человека и животных и находит применение не только в пищевой промышленности и животноводстве, но также в медицинской промышленности, что отражено в исследованиях, посвященных функциональным свойствам и направлениям использования соевых белков и продуктов их переработки (Вишнякова и соавт., 2017; Guo et al.; Zheng et al., 2022; Козлова и соавт., 2023).; Существенную роль в кормовом секторе играет соевый шрот как побочный продукт экстракции масла,

который характеризуется высоким содержанием белка и рассматривается как значимый источник аминокислот и биологически активных соединений в составе комбикормов (Long, et al., 2021; Бельштина и соавт., 2024 ; Deng, 2024).

Дополнительный интерес к соевым продуктам связан с присутствием в семенах фитоэстрогенов и других биологически активных веществ, включая фосфолипиды, токоферолы, изофлавоны, витамины группы В, а также ряд макро- и микроэлементов, что расширяет функциональные аргументы в пользу использования сои в пищевых системах (Литвиненко и соавт, 2023; Belobrajdic et al., 2023; Корнева, Литвиненко, 2023). При этом в контексте оценки качества семян особое значение приобретает характеристика запасных белков, в частности глицинина, доля которого в белковом комплексе семян рассматривается как существенная, а показатели белка и сахаров фиксируются как критерии, влияющие на ценность и устойчивость пищевых и кормовых продуктов (Кодирова и соавт., 2024; Jamison et al., 2024).

Актуальность исследований сои дополнительно усиливается развитием технологических подходов к созданию белково-витаминных и белково-углеводных добавок на основе соевого сырья, применяемых для повышения пищевой ценности продуктов питания. В работах последних лет подчеркивается роль технологических процессов переработки соевого зерна при получении концентратов и гранулятов, а также эффективность использования зерновых и бобовых культур в составе измельченных смесей при производстве продуктов функционального назначения, включая хлебобулочные изделия (Скрипко, 2020; Шаймерденова и соавт., 2019; Рустомова & Ребезов, 2023; Chu et al., 2025). Таким образом, требования к сырью сои в современных производственных цепочках закономерно выходят за рамки количественной урожайности и включают устойчивые параметры состава и технологических свойств семян. (Banti, 2021; Zheng et al, 2022; Kohli & Singha, 2024).

Одновременно с высокой пищевой и кормовой ценностью соя характеризуется наличием антипитательных факторов белковой природы, способных подавлять активность пищеварительных ферментов, прежде всего трипсина. Трипсин как фермент класса гидролаз обеспечивает расщепление пептидов и белков в желудочно-кишечном тракте человека и животных, поэтому ингибирование его активности рассматривается как фактор, ограничивающий использование соевого сы-

рья без адекватной селекционной или технологической коррекции (Kasprowicz-Potocka et al., 2022; Zheng et al., 2022; Макаров и соавт., 2023; Priyanka, 2024).

В этой связи качество семян сои следует рассматривать в комплексной логике, где наряду с показателями белка, масла и технологических характеристик существенное значение имеет уровень ингибиторной активности и ее вариабельность в зависимости от генотипа.

Селекция остается одним из ключевых инструментов повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур, а для сои задача получения сортов, обеспечивающих одновременно стабильную продуктивность и высокий уровень качественных характеристик семян, приобретает особую значимость. В литературе подчеркивается приоритет сортовой селекции как основы формирования устойчивых урожаев и улучшения хозяйственно ценных признаков культуры, что задает рамку для прикладных исследований по сравнительной оценке сортов по комплексу продуктивных и качественных показателей (Qin et al, 2022; Николаев и соавт., 2024) Исходя из этого, цель настоящей работы заключается в сравнительной оценке сортов сои по показателям продуктивности и качества семян, включая характеристики белково-жирового состава и параметры, связанные с антипитательными факторами, с последующим обоснованием сортовой предпочтительности для практики возделывания и переработки в исследуемых условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

Объектом исследования служили сорта сои селекции ВНИИМК им. В.В. Пустовойта — Лира, Парус, Кора, Вилана, Зара, а также сорт Бара (соевый комплекс СОКО). По группам спелости изучаемые сорта распределялись следующим образом: скороспелые — Лира, Бара; раннеспелые — Парус, Кора; среднеспелые — Вилана, Зара. В качестве стандарта использовали скороспелый сорт Лира (регистрация 2003 г.). Сорт Вилана зарегистрирован в 1996 г., Бара — в 2007 г., Парус и Кора — в 2017 г.

Место и условия проведения опыта

Зерно сои для исследования биохимического состава получали с опытного поля Ставропольского государственного аграрного университета. Почвенный покров

опытной станции представлен чернозёмом выщелоченным мощным малогумусным тяжёлосуглинистым. Для данной почвы отмечены: содержание гумуса 5,1–5,4% (по Тюрину), содержание легкогидролизуемого азота 16–30, нитрификационная способность — по Кравцову (в модификации Болотиной). Содержание подвижного фосфора составляло 20–25 (по Мачигину), обменного калия — 220–270 мг/кг почвы (по Кирсанову; ГОСТ Р 54650–2011). Реакция среды — слабокислая или близкая к нейтральной, pH 6,5 (ГОСТ 26483). Территория проведения опытов относится к зоне неустойчивого увлажнения.

Агротехника и схема опыта

Технология возделывания сои была общепринятой для Северо-Кавказского региона. Предшественником являлась озимая пшеница; после уборки выполняли двукратное лущение стерни с последующей вспашкой на 20–22 см. Перед посевом семена обрабатывали бактериальным препаратом Ризоторфин (штамм 6266). Посев проводили в первой декаде мая (7–10 мая) сеялкой точного высева СПЧ-4 при ширине междурядий 70 см. Нормы высева (млн всхожих семян/га) дифференцировали по группам спелости: для скороспелых — 0,6, для раннеспелых — 0,5, для среднеспелых — 0,4.

В период вегетации проводили защитные обработки:

- (1) в фазу 1–2 тройчатых листа — обработка баковой смесью гербицидов Базагран, ВР (бентазон 480 г/л) 2 л/га + Хармони, СТС (тифенсульфурон-метил 750 г/кг) 0,008 кг/га;
- (2) при появлении болезней выше экономического порога вредоносности, в фазу бутонизации — фунгицид Аканто Плюс, КС (пикоксистробин + ципроконазол, 200+80 г/л) 0,6 л/га;
- (3) против вредителей в фазу образования бобов — инсектицид Шарпей, МЭ (циперметрин 250 г/л) 0,2 л/га.

Варианты в опыте размещали систематическим методом; повторность — четырехкратная. Общая площадь делянки составляла 46,2 м², учётная площадь — 28,0 м².

Показатели и порядок отбора проб

Гидротермический коэффициент рассчитывали по методике Г.Т. Селянинова (1928). Экологическую пластичность сортов определяли по методике Eberhart, Russell

(1966). Семена отбирали в четырёхкратной повторности с вариантов опыта в фазу полной спелости, при влажности зерна 10–12 %.

Лабораторные методы анализа качества зерна

Лабораторные исследования (содержание белка, жира и определение трипсинингибирующей активности белка сои) выполняли в агрохимической лаборатории Ставропольского ГАУ. Подготовку проб осуществляли согласно ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Определение: белка — по ГОСТ 10846-91; жира — по ГОСТ ISO 11085-2016; трипсинингибирующей активности (ТИА) — по ГОСТ 33427-2015 методом спектрального анализа.

Измерения проводили методом ИК-спектроскопии на МА-TRIX-I; спектры регистрировали в диапазоне 3500–12500 см⁻¹ с разрешением 16 см⁻¹ в соответствии с руководством к ПО OPUS. Технологические показатели включали: натуру зерна (литровая пурка с падающим грузом); массу 1000 семян — по ГОСТ 12042-80.

Статистическая обработка данных

Математическую обработку выполняли методами корреляционного и регрессионного анализа с использованием программы «Агрос», а также по Б.А. Доспехову (1985).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Климатические условия

Роль влияния абиотических факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур, в том числе и сои, является ощутимой, в первую очередь экстремальные температуры и дефицит влаги могут приводить к существенным потерям урожая. Зерно сои для дальнейшего определения его биохимического состава было получено при выращивании на территории опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета, которая расположена на высоте 575 м над уровнем моря, между 45°02'34" с.ш. и 41°58'24" в.д., территория опытной станции СтГАУ относится к зоне неустойчивого увлажнения. В годы исследований складывались различные климатические условия, количество осадков и температура воздуха по годам отличались (Рисунки 1, 2).

Наиболее критические для роста и развития растений сои погодные условия для сортов всех групп спелости складывались в 2018-2019 гг., когда в межфазный период всходы-начало цветения выпадало минимальное количество осадков от 23,3 до 29,6 мм.

Скороспелые сорта Лира и Бара были наименее обеспечены осадками в межфазный период конец цветения — физиологическая спелость. Наиболее благоприятным по обеспечению влагой отмечен 2017 г.

В южных регионах страны растения сои обеспечены достаточным количеством тепла, однако в последние годы наблюдается увеличение среднегодовой

Рисунок 1

Количество осадков, распределяющихся по межфазным периодам развития сои

Figure 1

Amount of Precipitation Distributed over the Interphase Periods of Soybean Development

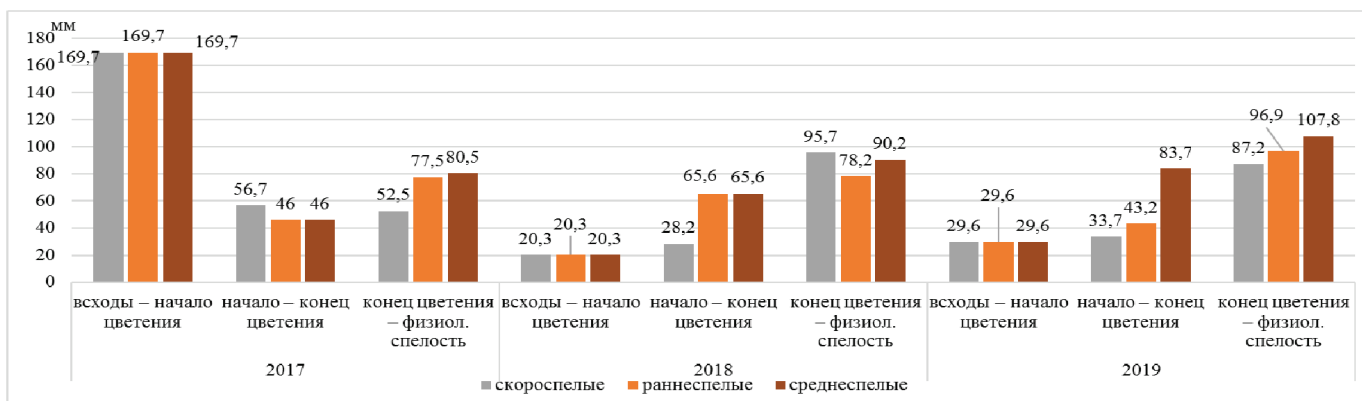
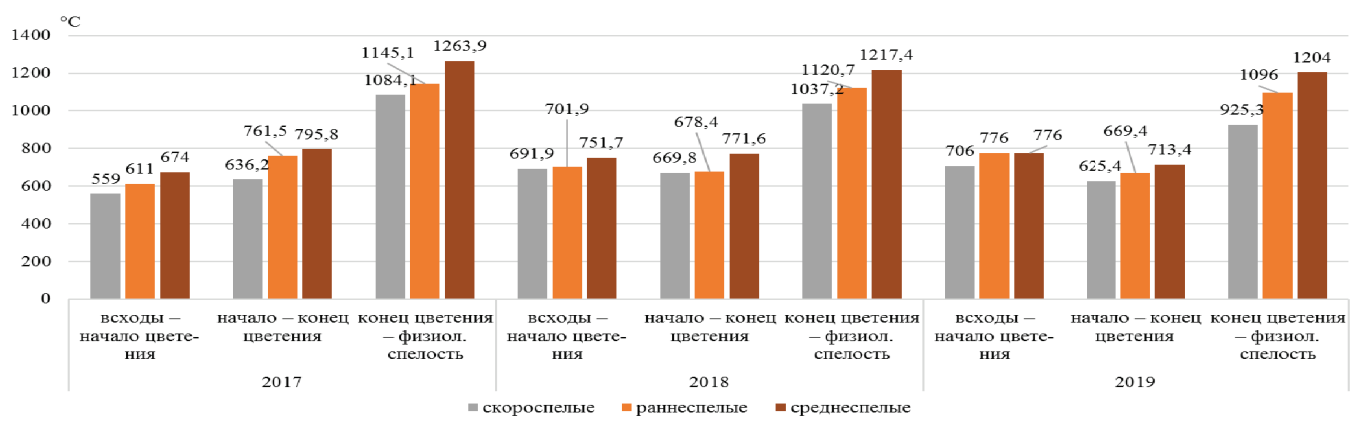


Рисунок 2

Сумма активных температур в межфазные периоды развития сои

Figure 2

Sum of Active Temperatures during the Interphase Periods of Soybean Development



годовой температуры воздуха на 0,8–1,0°C, увеличение температуры воздуха, особенно во второй половине вегетационного периода развития растений сои при не достаточном количестве осадков часто приводит к снижению продуктивности сои. Наиболее высокая сумма активных температур в период от конца цветения до физиологической спелости зерна приходилась на 2017 г. и варьировала в зависимости от группы спелости в пределах от 1084,1 до 1263,9°C.

Учитывая количество выпавших осадков и сумму активных температур следует отметить, что гидротермиче-

ский коэффициент в целом за вегетационный период сои в 2017 г. составлял 1,2, а в 2018–2019 гг. — 0,6–0,7.

Биологические особенности сои

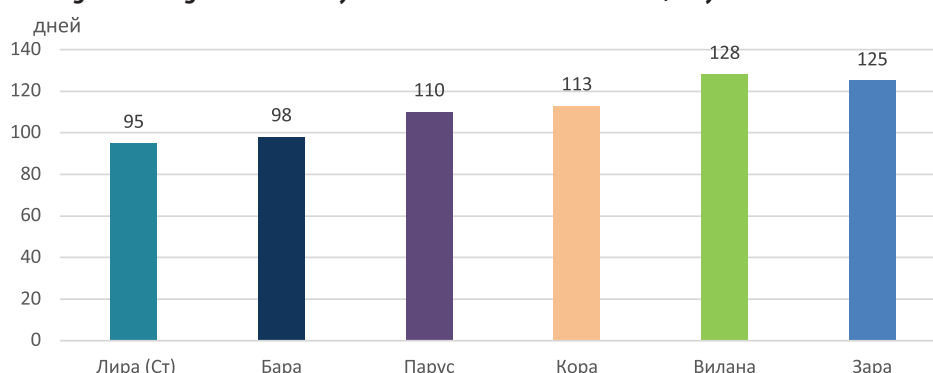
Важным показателем сортовых особенностей генотипа является длина вегетационного периода сои, которая позволяет отнести сорт к соответствующей группе спелости. В результате исследований установлено, что вегетационный период изучаемых сортов сои отличался, что связано с биологическими особенностями растений и складывающимися погодными условиями (Рисунок 3).

Рисунок 3

Вегетационный период сортов сои в среднем за 2017–2019 гг., дней

Figure 3

Average Growing Season of Soybean Varieties in 2017–2019, Days



В среднем за три года исследований вегетационный период сортов варьировал в пределах от 95 до 128 дней, наиболее продолжительным он был отмечен у сорта Вилана — 128 дней, самым скороспелым был сорт Лира, длина вегетационного периода которого составляла 95 дней.

Экологическая пластичность сортов сои

В последние годы значительным достижением в области селекции и генетики является создание адаптивных сортов сои, которые характеризуются высокой и стабильной урожайностью. На продуктивность сои, то есть стабильную урожайность и высокое качество зерна влияют прежде всего сортовые особенности растения, обусловленные генотипом растения, а также почвенно-климатические условия, что подтверждается нашими исследованиями, которые указывают на то, что урожайность сортов сои различных групп спелости значительно отличалась по группам спелости, наиболее урожайными отмечены среднеспелые сорта с вегетационным периодом 125–128 дней. Наибольшая урожайность сортов была получена в 2017 г., которая

варьировала в зависимости от сорта от 1,84 (сорт Бара) до 2,30 (сорт Парус) т/га, что достоверно подтверждается результатами математической обработки (Таблица 1).

Существенная разница в прибавке урожая в зависимости от года установлена по всем сортам. Индекс среды в 2018г. (-0,14) и в 2019 (-0,01) г. подтверждает то, что в эти годы складывались наиболее критические условия для роста и развития растений сои. В 2017 г. обеспечивающем за вегетационный период скороспелых сортов 278,9 мм осадков при сумме активных температур 2279,3 °С (ГТК 1,2), раннеспелых — 293,9 мм и 2517,6 °С (ГТК 1,1) и среднеспелых — 296,2 и 2733,7 °С (ГТК 1,1) был наиболее благоприятным для роста и развития растений сои. Коэффициент регрессии — $b_i > 1$, характеризующий экологическую пластичность наиболее высоким был у сорта Парус, который превышал стандарт на 0,21 единицы.

Содержание белка и жира в зерне является основополагающей характеристикой сортов сои для дальнейшего определения его использования на пищевые или кормовые цели. Определение качественного состава зерна сои показало значительные отличия в накопле-

Таблица 1

Урожайность и экологическая пластичность сортов сои

Table 1

Yield and Ecological Plasticity of Soybean Varieties

Сорт (фактор А)	Год (фактор В)			Yi суммарная урожай- ность по сортам	Yi средняя урожай- ность по сортам	bi коэффициент регрес- сии (экологическая пластичность)
	Урожайность по сорту, т/га					
	2017 г.	2018 г.	2019 г.			
Скороспелые						
Ли́ра (Ст)	1,96	1,68	1,85	5,49	1,83	1,30
Ба́ра	1,84	1,50	1,70	5,04	1,68	0,94
раннеспелые						
Па́рус	2,30	1,83	1,91	6,04	2,01	1,38
Ко́ра	2,20	1,67	1,81	5,68	1,89	1,51
Среднеспелые						
Ви́лана	2,20	2,19	2,10	6,49	2,16	0,52
За́ра	2,21	2,10	2,35	6,66	2,22	0,61
ΣYi суммарная урожайность по годам	12,78	10,97	11,72	35,47	1,97	—
Yj средняя урожайность по годам	2,12	1,82	1,95	—	—	—
Ij (индекс среды)	0,16	-0,14	-0,01	—	—	—

Примечание. HCP_{05} по фактору А = 0,10; HCP_{05} по фактору В = 0,07 HCP_{05} взаимодействия факторов АВ = 0,12; S_x %1,21 достоверность на уровне 0,95.

Note. LSD_{0-05} for factor A = 0.10; LSD_{0-05} for factor B = 0.07; LSD_{0-05} for the interaction AxB = 0.12; S_x = 1.21%; significance level = 0.95.

О.Г. Шабалдас

Таблица 2

Содержание белка и сырого жира в зерне сортов сои

Table 2

Content of Vegetable Protein and Fat in Soybean Varieties

Сорт (фактор А)	Год (фактор В)						Среднее	
	2017		2018		2019			
	содержание, %							
	белка	жира	белка	жира	белка	жира	белка	жира
	Скороспелые							
Ли́ра(Ст)	36,7	19,1	37,0	17,9	37,3	18,0	37,0	18,3
Ба́ра	37,5	19,0	37,7	18,8	37,6	19,2	37,6	19,0
	Раннеспелые							
Па́рус	37,6	23,0	38,8	22,5	38,2	21,9	38,2	22,5
Ко́ра	39,0	23,4	40,0	22,0	39,1	22,4	39,4	22,6
	Среднеспелые							
Ви́лана	39,9	21,4	41,0	19,4	40,3	20,8	40,4	20,5
За́ра	39,6	23,3	41,0	21,4	39,2	22,2	39,9	22,3

Примечание. по белку: НСР₀₅ по фактору А = 0,81, НСР₀₅ по фактору В = 1,10, НСР₀₅ взаимодействия факторов АВ = 0,93
по жиру: НСР₀₅ по фактору А = 0,36, НСР₀₅ по фактору В = 1,3, НСР₀₅ взаимодействия факторов АВ = 0,12 достоверность на уровне 0,95
Note. For protein: LSD_{0.05} for factor A = 0.81; LSD_{0.05} for factor B = 1.10; LSD_{0.05} for the interaction AxB = 0.93.
For fat: LSD_{0.05} for factor A = 0.36; LSD_{0.05} for factor B = 1.30; LSD_{0.05} for the interaction AxB = 0.12.
Significance level = 0.95.

нии белка и жира в зерне сои в зависимости от сорта и года исследований. Учитывая данные «Международного классификатора СЭВ» рода *Glycine* Willd сорта сои в целом можно отнести к среднебелковым и среднемасличным (Таблица 2).

Биохимический состав и технологические показатели зерна сои

Достоверное увеличение содержания белка и жира в зерне сои по сравнению с стандартом установлено по сортам Парус, Кора, Вилана и Зара, содержание белка в зерне которых было больше стандарта на 1,2–3,4, а жира на 2,2–4,3 % соответственно. Существенная разница в увеличении белка в зависимости от климатических условий подтверждается по сортам Парус, Вилана и Зара, жира по сортам Кора и Зара. В среднем за три года исследований наиболее белковыми отмечены среднеспелые сорта Вилана и Зара, содержание белка в зерне сои которых составляло 39,9–40,4 %, наиболее высокомасличными сорта Парус и Кора — 22,5–22,6 %.

Большое значение в питании животных и человека играют сахара и крахмал, гликозиды и др. в связи с этим данные показатели включены в состав нормируемых показателей. Углеводы в зерне сои представлены растворимыми сахарами: сахарозой, полисахаридами, фруктозой и др. и нерастворимыми структурными полисахаридами. В среднем по сортам общее количество углеводов со-

ставляло 23,5 %, Математическая обработка полученных результатов исследований подтверждает существенную разницу по образованию общих углеводов по сравнению с стандартом только по сорту Вилана, а клетчатки по сортам Вилана и Зара (Таблица 3).

При определении содержания безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) установлено, что в среднем по сортам их количество составляло 39,7 % при этом варьирование данного показателя находилось в пределах от 38,2 (сорт Ли́ра) до 42,3 (сорт За́ра) %. необходимо отметить, что статистические различия по содержанию БЭВ по сравнению с стандартом установлены у сортов Вилана и Зара. Показатель зольности в среднем по сортам составлял 4,6 % существенные различия по сравнению с сортом Ли́ра отмечены по сортам Вилана и Зара. Показатель массы 1000 семян позволяет характеризовать выровненность и крупность зерна, что является одним из важных технологических признаков. При определении массы 1000 семян установлено, что данный показатель имел значительные отличия по сортам, наиболее крупное и выровненное зерно имел сорт Зара. Наибольший показатель натурности зерна отмечен у среднеспелых сортов Вилана и Зара, который составлял в среднем за три года исследований 765–771 г/л, что достоверно больше по сравнению с стандартным сортом.

Ингибиторы протеаз взаимодействуют с ферментами и при этом создаются устойчивые соединения, кото-

Таблица 3

Химический состав и технологические показатели зерна сортов сои в среднем за 2017–2019 гг.

Table 3

Chemical Composition and Technological Indicators of Soybean Varieties in 2017–2019

Сорт	Химический состав				Технологические показатели	
	содержание , %					
	углеводы		БЭВ	Зола	Масса 1000 семян, г	Натура зерна, г/л
	общие	в.т.ч. клетчатка				
Скороспелые						
Ли́ра (Ст)	23,5	6,1	38,2	4,2	145,9	759
Ба́ра	22,3	5,4	38,5	4,4	136,0	754
Раннеспелые						
Па́рус	22,8	6,2	39,4	4,6	149,8	764
Ко́ра	23,0	6,0	38,9	4,5	149,0	772
Среднеспелые						
Ви́лана	25,2	7,9	40,9	4,9	151,5	765
За́ра	24,4	7,3	41,3	5,1	155,0	771
НСР ₀₅ достоверность на уровне 0,95	1,1	0,1	1,2	0,05	7,3	5,1

рые лишены, как ингибиторной, так и ферментативной активности. В последние годы в селекционной работе уделяется большое внимание вопросам снижения ТИА, в связи с этим определен интерес представляло определение ТИА в зерне различных сортов сои. Ранее проведенными исследованиями биохимического состава зерна сои установлено, что трипсинингибирую-

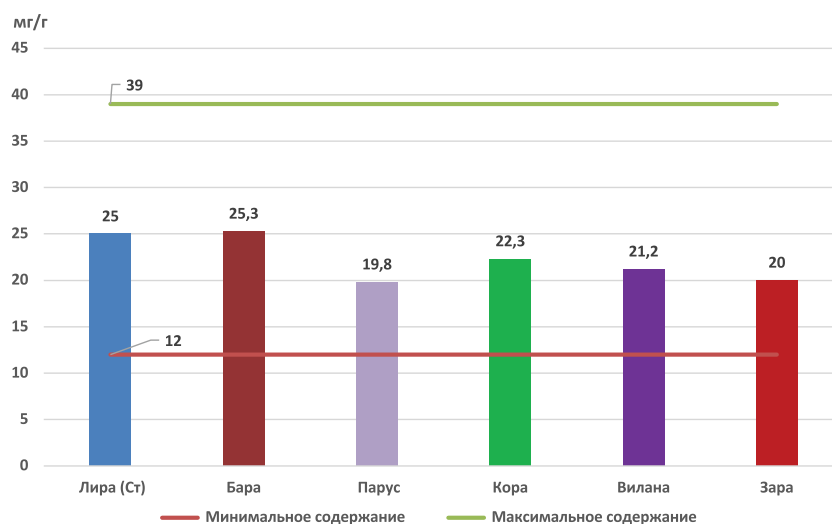
щая активность зависит от генотипа и условий выращивания сои и варьирует в пределах от 12,0 и 39,0 мг/г. При определении трипсинингибирующей активности белка сои (ТИА) установлено, что данный показатель по изучаемым сортам варьировал в пределах от 19,8 до 25,3 мг/г, что свидетельствует об относительно низком содержании антипитательных веществ в зерне (Рисунок 4).

Рисунок 4

Трипсинингибирующая активность белка в зерне сои в среднем за 2017–2019 гг., мг/г

Figure 4

Average Trypsin-Inhibiting Activity of Soybean Protein in 2017–2019, mg/g



Наибольшее содержание ТИА отмечено в белке сорта Бара — 25,3 мг/г, наименьшим содержанием антипитательных веществ — 19,8 мг/г отличался сорт Зара.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Цель исследования состоит в сравнительной оценке продуктивности и качества семян сортов сои различных групп спелости в конкретных почвенно-климатических условиях. Полученные данные в целом позволяют решить эту задачу и соотнести результаты с современной логикой селекции, которая ориентирована на создание генотипов, адаптированных к региональной среде и способных обеспечивать не только стабильную урожайность, но и высокий уровень питательной ценности зерна (Зайцев и соавт., 2020; Зеленцов и соавт., 2023; Синеговская, 2023).

Выполненная оценка показывает, что реализация потенциала урожайности определяется совместным влиянием сортовых особенностей и условий года. Наблюдаемое преимущество среднеспелой группы по урожайности в пределах исследованной выборки можно интерпретировать как проявление адаптивности данной группы к условиям опыта и как подтверждение значимости подбора генотипов с оптимальной продолжительностью вегетационного периода для конкретной зоны возделывания. Подобная постановка вопроса соответствует селекционной задаче повышения устойчивости продуктивности и предсказуемости хозяйственно ценных признаков (Зайцев и соавт., 2020; Зеленцов и соавт., 2023).

Качество семян, оцениваемое по показателям белка и жира, в исследовании также демонстрирует сортовую дифференциацию. Выделение сортов с более высоким содержанием белка и сортов с более высоким содержанием жира подтверждает, что качественный профиль семян следует рассматривать как комплексный признак и соотносить его с целевым использованием зерна. С практической точки зрения это означает, что сортовая рекомендация должна учитывать не только общий уровень продуктивности, но и желаемое соотношение белка и жира, поскольку требования пищевых и кормовых направлений переработки могут различаться (Зеленцов и соавт., 2023; Синеговская, 2023).

Отдельного обсуждения требует влияние влагообеспечения в период вегетации на накопление белка и жира. В работе отмечена связь между показателями состава

семян и условиями увлажнения, что согласуется с данными исследований, рассматривающих климатические условия года как значимый фактор вариативности качества соевого зерна (Устарханова и соавт., 2019; Поморова и соавт., 2023). При этом возможные расхождения количественных оценок по сравнению с литературными источниками следует объяснять особенностями конкретных метеорологических сценариев исследуемых лет, а также сортоспецифичностью реакции на условия среды (Устарханова и соавт., 2019; Поморова и соавт., 2023). В методологическом отношении такой вывод подчеркивает необходимость аккуратного переноса результатов в практические рекомендации и недопустимость их универсализации вне контекста зоны и набора генотипов (Зайцев и соавт., 2020; Синеговская, 2023).

В прикладном плане результаты подтверждают целесообразность расширения исследований биохимического состава сортов сои различных групп спелости как элемента комплексной оценки их хозяйственной ценности. Представленная в работе дифференциация по белку и жиру и выделение сортов с целевыми качественными профилями формируют основу для предварительной сортовой ориентировки при выборе направления использования зерна (Зеленцов и соавт., 2023; Синеговская, 2023). Вместе с тем для окончательных выводов о стабильности качественного профиля и для более точной привязки к пищевому или кормовому назначению требуется подтверждение устойчивости наблюдаемых закономерностей в серии лет, что согласуется с работами, акцентирующими роль факторов среды и адаптивного потенциала генотипов (Зайцев и соавт., 2020; Устарханова и соавт., 2019).

Ограничения исследования

Настоящее исследование, ориентированное на анализ отдельных показателей биохимического состава зерна сои у сортов различных групп спелости, не позволяет в полном объеме охарактеризовать качество зерна как сырья для пищевого и кормового использования. В рамках примененного набора параметров остаются нераскрытыми ключевые компоненты, определяющие нутритивную и технологическую ценность продукции. В частности, более полная и содержательно обоснованная оценка качества требует включения данных по аминокислотному профилю белков и жирнокислотному составу масла, поскольку именно эти характери-

стики в значительной мере определяют функциональные свойства соевого сырья и его пригодность для различных направлений переработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании для условий Юга России выполнена сравнительная оценка сортов сои, относящихся к различным группам спелости, по показателям урожайности и биохимического состава зерна с учетом вариабельности климатических условий. В рамках проведенного анализа охарактеризованы параметры накопления белка и жира, а также элементы химического состава, включая содержание углеводов, безазотистых экстрактивных веществ и золы. Дополнительно определены технологически значимые показатели качества зерна, представленные массой 1000 семян и натурой.

По совокупности качественных характеристик установлены сортовые различия, позволяющие выделить генотипы с целевыми профилями. К наиболее высокобел-

ковым относятся среднеспелые сорта Вилана и Зара. Раннеспелые сорта Парус и Кора характеризуются как сорта со средним уровнем масличности. Наиболее сбалансированное сочетание белка и жира отмечено у сорта Зара. Этот же сорт отличается минимальной трипсинингибирующей активностью белков. Высокие значения натуре зерна выявлены у сортов Вилана и Зара, что повышает их технологическую привлекательность как сырья для переработки.

В целом результаты показывают, что раннеспелые и среднеспелые сорта в условиях опыта формировали более высокий урожай зерна по сравнению со скороспелыми. Полученная совокупность данных по продуктивности и качественным показателям зерна создает основу для более обоснованного сортового выбора при ориентировании производства на пищевые и кормовые направления использования и может быть использована для получения продукции с заранее заданными технологическими характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

- Белышкина, М.Е., Кобозева, Т.П., Заренкова, Н.В., Федорова, З.С., & Демьяненко, Е.В. (2024). Структура, продуктивность и кормовая ценность надземной биомассы сои северного экотипа в условиях Центрального Нечерноземья. *Агронаука*, 2(1), 5–15. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-5-1>
- Зайцев, Н.И., Ревенко, В.Ю., & Устарханова, Э.Г. (2020). Влияние погодных факторов на продуктивность перспективных линий сои в зоне неустойчивого увлажнения. *Масличные культуры*, 2(182), 62–69. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69>
- Зеленцов, С.В., Паспекhov, Д.И., Тевченков, А.А., & Мошненко, Е.В. (2023). Эколого-географическая оценка селекционных линий сои Краснодарской селекции в условиях Липецкой области. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 3(47), 34–41. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-3-34-41>
- Кодирова, Г.А., Загуменная, Г.В., & Низкий, Е.С. (2024). Межсортовые различия содержания олигосахаридов в зерне сои. *Аграрный вестник Урала*, 24(10), 1312–1321. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1312-1321>
- Козлова, Е.И., Новак, М.А., & Яндьо, В.В. (2023). Региональные аспекты развития рынка сои на современном этапе. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*, 16(76), 213–220. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_1_213-220
- Литвиненко, О.В., и др. (2019). Перспективы использования новых сортов сои селекции Всероссийского НИИ сои в производстве соево-шоколадного напитка. *Вестник МГТУ*, 22(3), 413–420. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2019-22-3-413-420>
- Литвиненко, О.В., Кубанкова, Г.В., & др. (2023). Результаты сравнительного изучения сортов сои по показателям биохимического состава зерна. *Агронаука*, 1(4), 62–70. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-1-4-62-70>
- Макаров, Д.В., Моргунов, Н.Л., Рудик, Ф.Я., Фоменко, О.С., & Семилет, Н.А. (2023). Разработка установки для инактивации зерна сои ультразвуком. *Агропромышленные технологии России*, 3(29), 116–128. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-116-128>

- Николаев, С.И., Даниленко, И.Ю., Карапетян, А.К., & Бубуёк, А.В. (2024). Сравнительная оценка химического и аминокислотного состава полножирной сои и зерна люпина. *Известия НВ АУК*, 5(77), 196–201. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-05-21>
- Поминов, А.В., Левкина, А.Ю., Бычкова, В. В., Гусева, С. А., Бабушкин, Д.Д., Носко, О.С., & Калинин, Ю. А. (2021). Биохимическая оценка показателей качества зерна сортообразцов сои мировой коллекции ВИР в условиях Нижневолжского региона. *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал*, (6). <https://doi.org/10.51419/20216634>
- Поморова, Ю.Ю., Пятковский, В.В., & Серова, Ю.М. (2023). Биохимический состав семян сортов сои, возделываемых в различных регионах России, и аспекты его биологической ценности (обзор). *Масличные культуры*, 4(196), 84–96. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-4-196-84-96>
- Речкина, Е.А., Кох, Ж.А., Ханипова, В.А., & Воробьева, А.В. (2024). Перспективы использования вторичного соевого сырья в пищевом производстве. *Ползуновский вестник*, (3), 36–40. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.005>
- Рустомова, А.Ж., & Ребезов, М.Б. (2023). Применение зернобобовой смеси для хлебобулочных изделий. *Аграрная наука*, 373(8), 137–142. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-137-1>
- Синеговская, В.Т. (2023). Вклад фундаментальных исследований в совершенствование селекционного процесса при создании сортов сои на Амуре. *Достижения науки и техники АПК*, 37(6), 5–11. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_6_5
- Скрипко, О.В. (2020). Изучение функционально-технологических свойств белково-витаминных и белково-углеводных добавок на основе сои. *Вестник КрасГАУ*, (3), 150–156. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-150-156>
- Тимошкин, О.А., Тимошкина, О.Ю., Данилов, М.В., & Фадеева, М.Ф. (2025). Новый скороспелый сорт сои для условий лесостепи Среднего Поволжья. Технические культуры. *Научный сельскохозяйственный журнал*, 2(5), 56–62. <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2025.41.99.008>
- Устарханова, Э. Г., Мацола, Н. А., & Зайцев, Н. И. (2019). Новый среднеспелый сорт сои Зара. *Масличные культуры*, 3(179), 165–167. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.90.12.078>
- Шаймерденова, Д. А., Чаканова, Ж. М., Махамбетова, А. А., Исакова, Д. М., & Есмамбетов, А.А. (2019). Способы получения зерновых основ для продуктов питания. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 81(2), 230–238. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-230-238>
- Вишнякова, М.А., Сеферова, И.В., & Самсонова, М.Г. (2017). Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий (обзор). *Сельскохозяйственная биология*, 52(5), 905–916. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.905rus>
- Корнева, Н.Ю., & Литвиненко, О.В. (2023). Оценка качественного состава зерна сои, пригодного для производства пищевых добавок. *Агронаука*, 1(1), 158–164. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-1-3-12>
- Banti, M. (2021b). Raffinose family oligosaccharides: Occurrence in food materials, nutritional implication and methods of analysis (Review). *World Journal of Food Science and Technology*, 5(3), 37. <https://doi.org/10.11648/j.wjfst.20210503.112>
- Belobrajdic, D. P., James-Martin, G., Jones, D., & Tran, C. D. (2023b). Soy and gastrointestinal health: A review. *Nutrients*, 15(8), 1959. <https://doi.org/10.3390/nu15081959>
- Deng, Z., & Kim, S. W. (2024). Opportunities and challenges of soy proteins with different processing applications. *Antioxidants*, 13(5), 569. <https://doi.org/10.3390/antiox13050569>
- Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1), 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x>
- Guo, B., Sun, L., Jiang, S., Ren, H., Sun, R., Wei, Z., Hong, H., Luan, X., Wang, J., Wang, X., Xu, D., Li, W., Guo, C., & Qiu, L. (2022). Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(11), 4095–4121. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04222-9>
- Jamison, D. R., Chen, P., Hettiarachchy, N. S., Miller, D. M., & Shakiba, E. (2024). Identification of quantitative trait loci (QTL) for sucrose and protein content in soybean seed. *Plants*, 13(5), 650. <https://doi.org/10.3390/plants13050650>

- Kasprowicz-Potocka, M., Gulewicz, P., & Zaworska-Zakrzewska, A. (2022). The content of raffinose oligosaccharides in legumes and their importance for animals. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 31(3), 265–275. <https://doi.org/10.22358/jafs/149656/2022>
- Kohli, V., & Singha, S. (2024). Protein digestibility of soybean: How processing affects seed structure, protein and non-protein components. *Discover Food*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00076-w>
- Kumar, J., Anand, Srivastava, M. K., Amrath, P. K., & Sarkar, J. (2025). Soybean production technologies. *Soybean Production Technology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8677-0_7
- Long, S., Ma, J., Piao, X., Li, Y., Rasmussen, S. H., & Liu, L. (2021). Enzyme-treated soybean meal enhanced performance via improving immune response, intestinal morphology and barrier function of nursery pigs in antibiotic-free diets. *Animals*, 11(9), 2600. <https://doi.org/10.3390/ani11092600>
- Priyanka, A. L., & Shankar, S. (2024). Comparative evaluation of the antioxidant property value of rosemary essential oil blend soy protein-based edible films with varying film thickness. *Interactions*, 245(1). <https://doi.org/10.1007/s10751-024-02055-0>
- Qin, J., Wang, F., Zhao, Q., Shi, A., Zhao, T., Song, Q., Ravelombola, W., An, H., Yan, L., Yang, C., & Zhang, M. (2022). Identification of candidate genes and genomic selection for seed protein in soybean breeding pipeline. *Frontiers in Plant Science*, 13, 882732. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.882732>
- Zheng, L., Regenstein, J. M., Zhou, L., & Wang, Z. (2022). Soy protein isolates: A review of their composition, aggregation, and gelation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 1940–1957. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12925>
- Chu, X., Yuan, B., Li, C., Qian, X., Yao, Y., Qiao, J., Guo, D., & Wang, Z. (2025). Genome-wide analysis of the FAD gene family in *Solanum tuberosum* L. reveals its involvement in cold stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1736660>

REFERENCES

- Belyshkina, M.E., Kobozeva, T.P., Zarenkova, N.V., Fedorova, Z.S., & Dem'yanenko, E.V. (2024). Structure, productivity and feed value of above-ground soybean biomass of the northern ecotype in the conditions of the central Non-Black Earth Region. *Agroscience*, 2(1), 5–15. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2024-2-1-5-15>
- Zaitsev, N.I., Revenko, V.Yu., & Ustarkhanova, E.G. (2020). Influence of weather factors on the productivity of perspective soybean lines in the unstable moisture zone. *Oil Crops*, 2(182), 62–69. (in Russ.). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69>
- Zelentsov, S.V., Paspekov, D.I., Tevchenkov, A.A., & Moshnenko, E.V. (2023). Ecological and geographical assessment of soybean breeding lines of Krasnodar breeding in the conditions of the Lipetsk region. *Legumes and Groat Crops*, 3(47), 34–41. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-3-34-41>
- Kodirova, G.A., Zagumennaya, G.V., & Nizkiy, S.E. (2024). Inter-varietal differences in soybean grain oligosaccharide content. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 24(10), 1312–1321. (in Russ.). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1312-1321>
- Kozlova, E.I., Novak, M.A., & Yandyo, V.V. (2023). Regional aspects of soybean market development at the present stage. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 16(1), 213–220. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_1_213-220
- Litvinenko, O.V. et al. (2019). Prospects for using new soybean varieties breeding by All-Russian SRI of Soybean in the production of a soy-chocolate drink. *Vestnik of MSTU*, 22(3), 413–420. (In Russ.). <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2019-22-3-413-420>
- Litvinenko, O.V., Korneva, N.Yu., Kodirova, G.A., & Kubankova, G.V. (2023). Results of a comparative study of soybean varieties according to the biochemical composition of grain. *Agronauka. Agroscience*, 1(4), 62–70. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2949-2211-1-4-62-70>

- Makarov, D.V., Morgunova, N.L., Rudik, F.Y., Fomenko, O.S., & Semilet, N.A. (2023). Development of an installation for inactivation of soybean grain by ultrasound. *Agro-industrial technologies of Central Russia*, 3(29), 116–128. (in Russ.). <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-29-116-128>
- Nikolaev, S.I., Danilenk, I.Y., Karapetyan, A.K., & Bubuyok, A.V. (2024). Comparative assessment of the chemical and amino acid composition of full-fat soybeans and lupine grain. *Proceedings of the Lower Volga Agro University Complex*, 5(77), 196–201. (in Russ.). <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-05-21>
- Pominov, A.V., Levkina, A.Yu., Bychkova, V.V., Guseva, S.A., Babushkin, D.D., Nosko, O.S., & Kalinin, Yu. A. (2021). Biochemical assessment of grain quality indicators of soybean varieties from the world collection of the All-Russian Research Institute of Plant Industry in the Lower Volga region. *AgroEcolInfo: Electronic Scientific and Production Journal*, (6). <https://doi.org/10.51419/20216634>
- Pomorova, Yu.Yu., Pyatovsky, V.V., & Serova, Yu.M., (2023). Biochemical composition of soybean seeds produced in various regions of Russia and aspects of its biological value (review). *Oil Crops*, 4(196), 84–96. (in Russ.). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-4-196-84-96>
- Rechkina, E.A., Koch, Zh. A., Khanipova, V.A. & Vorobyeva, A.V. (2024). Prospects for use of secondary soy raw materials in food production. *Polzunovskiy Vestnik*, (3), 36–40. (in Russ.). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.005>
- Rustemova, A.Z., & Rebezov, M.B. (2023). The use of leguminous mixture for bakery products. *Agrarian Science*, 373(8), 137–142 (in Russ.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-137-142>
- Sinegovskaya, V.T. (2023). The contribution of fundamental research to the improvement of the breeding process when creating soybean varieties on the Amur. *Achievements of Science and Technology in Agribusiness*, 37(6), 5–11. (in Russ.). https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_6_5
- Skripko, O.V. (2020). The study of functional and technological properties of proteinaceous and vitamin and proteinaceous carbohydrate additives on the basis of soy. *KrasGAU Bulletin*, (3), 150–156. (in Russ.). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-150-156>
- Timoshkin, O.A., Timoshkina, O.Yu., Danilov, M.V., & Fadeev, M.F. (2025). New early maturing soybean variety for forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Technical Crops. Scientific Agricultural Journal*, 2(5), 56–62. <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2025.41.99.008>
- Ustarkhanova, E.G., Matsola, N.A., & Zaitsev, N.I. (2019). New mid-season soybean variety Zara. *Oil Crops*, 3(179), 165–167. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.90.12.078>
- Shaimerdenova, D.A., Chakanova, J.M., Mahambetova, A.A., Iskakova, D.M., & Yesmambetov A.A. (2019). Methods for obtaining grain bases for food. *Vestnik VGUIT*, 81(2), 230–238. (in Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-230-238>
- Vishnyakova, M.A., Seferova, I.V., & Samsonova, M.G. (2017). Requirements for the initial material for soybean breeding in the context of modern biotechnology (review). *Agricultural Biology*, 52(5), 905–916. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.5.905rus>
- Korneva, N.Yu., & Litvinenko, O.V. (2023). Evaluation of the qualitative composition of soybean grain suitable for the production of food additives. *Agronauka. Agrosien*, 1(1), 158–164. (in Russ.). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-1-3-12>
- Banti, M. (2021). Raffinose family oligosaccharides: Occurrence in food materials, nutritional implication and methods of analysis (Review). *World Journal of Food Science and Technology*, 5(3), 37. <https://doi.org/10.11648/j.wjfst.20210503.112>
- Belobrajdic, D. P., James-Martin, G., Jones, D., & Tran, C. D. (2023). Soy and gastrointestinal health: A review. *Nutrients*, 15(8), 1959. <https://doi.org/10.3390/nu15081959>
- Deng, Z., & Kim, S. W. (2024). Opportunities and challenges of soy proteins with different processing applications. *Antioxidants*, 13(5), 569. <https://doi.org/10.3390/antiox13050569>
- Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1), 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183x000600010011x>

- Guo, B., Sun, L., Jiang, S., Ren, H., Sun, R., Wei, Z., Hong, H., Luan, X., Wang, J., Wang, X., Xu, D., Li, W., Guo, C., & Qiu, L. (2022). Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(11), 4095–4121. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04222-9>
- Jamison, D. R., Chen, P., Hettiarachchy, N. S., Miller, D. M., & Shakiba, E. (2024). Identification of quantitative trait loci (QTL) for sucrose and protein content in soybean seed. *Plants*, 13(5), 650. <https://doi.org/10.3390/plants13050650>
- Kasprowicz-Potocka, M., Gulewicz, P., & Zaworska-Zakrzewska, A. (2022). The content of raffinose oligosaccharides in legumes and their importance for animals. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 31(3), 265–275. <https://doi.org/10.22358/jafs/149656/2022>
- Kohli, V., & Singha, S. (2024). Protein digestibility of soybean: How processing affects seed structure, protein and non-protein components. *Discover Food*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00076-w>
- Kumar, J., Anand, Srivastava, M. K., Amrath, P. K., & Sarkar, J. (2025). Soybean production technologies. *Soybean production technology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-8677-0_7
- Long, S., Ma, J., Piao, X., Li, Y., Rasmussen, S. H., & Liu, L. (2021). Enzyme-treated soybean meal enhanced performance via improving immune response, intestinal morphology and barrier function of nursery pigs in antibiotic-free diets. *Animals*, 11(9), 2600. <https://doi.org/10.3390/ani11092600>
- Priyanka, A. L., & Shankar, S. (2024). Comparative evaluation of the antioxidant property value of rosemary essential oil blend soy protein-based edible films with varying film thickness. *Interactions*, 245(1). <https://doi.org/10.1007/s10751-024-02055-0>
- Qin, J., Wang, F., Zhao, Q., Shi, A., Zhao, T., Song, Q., Ravelombola, W., An, H., Yan, L., Yang, C., & Zhang, M. (2022). Identification of candidate genes and genomic selection for seed protein in soybean breeding pipeline. *Frontiers in Plant Science*, 13, 882732. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.882732>
- Zheng, L., Regenstein, J. M., Zhou, L., & Wang, Z. (2022). Soy protein isolates: A review of their composition, aggregation, and gelation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 1940–1957. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12925>
- Chu, X., Yuan, B., Li, C., Qian, X., Yao, Y., Qiao, J., Guo, D., & Wang, Z. (2025). Genome-wide analysis of the FAD gene family in *Solanum tuberosum* L. reveals its involvement in cold stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1736660>

ОБ АВТОРЕ

Шабалдас Ольга Георгиевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор, базовой кафедры общего земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства имени проф. Ф.И. Бобрышева Ставропольского государственного аграрного университета (355017, Российская Федерация, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0001-5606-1855>, Scopus ID 57188726793, Researcher ID: KQU-0174-2024, SPIN-код: 7835-9355, AuthorID: 475997, shabaldas-olga@mail.ru

ABOUT THE AUTHOR

Shabaldas Olga Georgievna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor, Basic Department of General Agriculture, Crop Production, Breeding, and Seed Production named after Prof. F.I. Bobryshev of the Stavropol State Agrarian University (355017, Russian Federation, Stavropol, per. Zootechnical, 12), ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-0001-5606-1855>, Scopus ID 57188726793, Researcher ID: KQU-0174-2024, SPIN-код: 7835-9355, AuthorID: 475997, shabaldas-olga@mail.ru