

Научная статья

УДК 633.854.54:577.112

DOI: 10.25230/2412-608X-2023-4-196-84-96

Биохимический состав семян сортов сои, возделываемых в различных регионах России, и аспекты его биологической ценности (обзор)

Юлия Юрьевна Поморова
Владислав Васильевич Пятковский
Юлия Михайловна Серова

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
protein@vniimk.ru

Аннотация. В данной работе приведен обзор основных биохимических характеристик семян сои. Отмечены зависимости содержания белка, масла и аминокислотного состава от вегетационного периода и погодных-климатических условий. Подчеркивается влияние отрицательной корреляции между содержанием белка и масла, а также изменение трипсинингибирующей активности (ТИА) в большинстве сортов сои современной и ранней селекции, выведенных в разных регионах РФ. Представлены данные по основным белковым фракциям соевых семян, их соотношению в зависимости от сортовых особенностей. Отмечается полиморфизм фракционного профиля сои и возможность селекции на конкретные фракции. Рассматриваются перспективы выведения новых высокопродуктивных сортов с заданными свойствами и дальнейшей селекции на признак масло/белок.

Ключевые слова: соя, общий белок, фракционный состав, аминокислотный состав, масличность, ТИА, селекция

Для цитирования: Поморова Ю.Ю., Пятковский В.В., Серова Ю.М. Биохимический состав семян сортов сои, возделываемых в различных регионах России, и аспекты его биологической ценности (обзор) // Масличные культуры. 2023. Вып. 4 (196). С. 84–96.

UDC 633.854.54:577.112

84

Biochemical composition of soybean seeds produced in various regions of Russia and aspects of its biological value (review)

Pomorova Yu.Yu., PhD in engineering, head of the lab.
Pyatovsky V.V., analyst
Serova Yu.M., researcher

V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK)
17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
protein@vniimk.ru

Abstract. This work presents a review of the main biochemical traits of soybean seeds. The dependence of the protein content, oil and amino acid composition on a growing season and weather and climatic conditions has been noted. The influence of a negative correlation between protein and oil content as well as changing of trypsin-inhibiting activity (TIA) in most soybean cultivars of both modern and earlier breeding produced in different regions of the Russian Federation is emphasized. Data on the main protein fractions in soybean seeds, their ratio depending on varietal and genotypic features are presented. The polymorphism of the fractional profile of soybeans and the possibility of breeding for specific fractions are noted. The prospects of breeding of new highly productive cultivars with specified properties and further breeding for the oil/protein trait are considered.

Key words: soybean, total protein, fractional composition, amino-acid composition, oil content, trypsin-inhibiting activity, breeding

Введение. Одной из наиболее острых проблем современной промышленности является недостаток кормового белка. Ежегодный общемировой его дефицит превышает 30 млн т, в России он составляет около 2–2,5 млн т. По данным Союза комбикормщиков, в нашей стране проблема частично решается за счёт импорта – около 2,2 млн т белкового сырья, и расширения посевных площадей сои на 500 тыс/га [1].

Важнейшей задачей, стоящей перед современной пищевой промышленностью, является повышение уровня белка в продуктах питания, а также доступности его переработки. Продукция на основе растительного белка является перспективной заменой белкам животного происхождения. Большое внимание уделяется сое, являющейся одной из наиболее широко распространенных культур не только в России, но и в Японии, Китае,

странах Юго-Восточной Азии и тропической Африки. За последние годы, наряду с валовым сбором, наблюдается стабильное увеличение посевных площадей под соей. По данным за 2022 г., ее общая мировая площадь составляет 3,5 млн га при сборе урожая 5,4 млн т [2]. Основные посевы сои в РФ сосредоточены на Дальнем Востоке и Центральном Черноземье, а также незначительная часть распределена на Северном Кавказе и в Поволжье [3; 11].

Одна из главных особенностей семян сои – уникальный химический состав, особенно отмечается высокое содержание белка (27–50 %) и масла (15–28 %), используемых как на кормовые, так и пищевые цели [4].

Химический состав семян сои может зависеть от плодородия почвы, на которой она произрастает, количества и качества внесенных удобрений, а также погодных условий в период вегетации. Соевый шрот представляет большую ценность в сравнении с подсолнечным и рапсовым по коэффициентам абсолютной конкурентоспособности. Это позволяет использовать его в качестве добавок в пищевой и кормовой отраслях и эффективно восполнять баланс незаменимых аминокислот, в частности лизина и метионина [5; 6].

Соевое масло является источником как непредельных линоленовой, линолевой и олеиновой, хорошо усваиваемых организмом и избавляющих его от «плохого» холестерина, так и насыщенных арахидиновой, пальмитиновой и стеариновой жирных кислот. Его применяют непосредственно в пищу, а также в кондитерской и консервной промышленности. В промышленных масштабах соевое масло широко используют в качестве сырья для производства маргарина и майонеза [7].

Положительным качеством такой бобовой культуры, как соя, является ее способность к обогащению почв азотом. Она может на 60–70 % восполнить необходи-

мое количество указанного элемента, что позволит избежать использования азотных удобрений [8].

Соя широко используется для технических целей – в мыловаренной, лакокрасочной, текстильной, химической и других отраслях промышленности. В частности, из нее изготавливают пластмассу, клеенку, линолеум, смазочные масла и многие другие товары повседневного обихода [9]. Также она используется селекционерами для создания новых высокобелковых сортов с заданными биохимическими и хозяйственно полезными свойствами [10]. Основополагающими критериями в данном вопросе являются содержание масла и белка, а также аминокислотный и фракционный состав семян.

Химический и фракционный состав семян сои

Соевый протеин отличается высокой растворимостью в воде (85–90 %) и хорошей усвояемостью (80–95 %). До 1990 г., по нормам оценки эффективности белка соевый белок имел более низкий коэффициент в сравнении с животным. В настоящее время критерием качества является аминокислотный коэффициент усвояемости белка (PDCAAS), сопоставляющий аминокислотный состав животного белка с потребностями в аминокислотах. Доказано, что данный коэффициент для соевых аминокислот эквивалентен коэффициенту усвояемости животного белка, что открывает большие возможности для производства кормов и изолятов с высоким его содержанием [12].

Семена сои характеризуются большим количеством витаминов (А, D, С, Е), при этом витамина В₁ в 3 раза больше, чем в сухом коровьем молоке, а витамина В₂ в 6 раз больше, чем в пшенице. Также в сое присутствует 19–22 % масла и до 30 % углеводов. Углеводы в семенах сои представлены в основном сахарами [13].

В состав семян сои входит большое количество макро- и микроэлементов и минеральных солей. Данные по биохимическому составу семян сои отображены на рисунке 1 [14].



Рисунок 1 – Биохимический состав соевых семян, %

Белковые фракции сои делятся на легкорастворимый глобулин (59–81 %), труднорастворимый глобулин (3–7 %), представляющий собой 7S – глобулин (β и γ – конглицин) и 11S – глобулин (глицинин), соотношение между ними чаще всего 2 : 1. Данные белки принадлежат к одному семейству – купинов [15]. За последнее время в ходе целевых селекционно-исследовательских работ идентифицирован значительный полиморфизм 11S-фракций, а также возможность селекции на преобладание той или иной фракции, и даже ее субъединиц без снижения общего количества белка. Эти данные, в частности, могут найти применение для определения тактики кормопроизводства [16; 17; 18; 19; 20].

Поскольку пищевые и кормовые свойства семян сои находятся в зависимости от распределения водной, солевой и щелочной фракций, приоритетным направлением является селекция сортов, отличающихся сбалансированным фракционным составом при разных условиях вегетации. За последние годы селекционерами Тимирязевской сельскохозяйственной академии были созданы сорта сои северного экотипа, характеризующиеся высоким содержанием водораствори-

мых альбуминов и глобулинов. Установлено высокое содержание альбуминов белкового комплекса сои (до 83 %), а также около 5 % солерастворимых глобулинов [21].

Стоит отметить, что при условиях культивации с повышенной влагообеспеченностью доля водорастворимой фракции незначительно возростала, в то время как глобулиновая и глютелиновая фракции оставались примерно на одном уровне (табл. 1) [21].

Таблица 1

Фракционный состав белка семян сои северного экотипа, 2013 г.

Сорт	Азот, %		Фракция белка, %				
	общий	белко-вый	водо-раствори-мая	соле-рас-твори-мые	сумма легко-раствори-мых	щело-че-раствори-мые	нераствори-мый остаток
Очень засушливые условия вегетационного периода							
Окская	6,99	6,76	75	4	84	16	5
Магева	6,98	6,71	75	4	84	15	6
М-52	6,79	6,58	76	4	85	16	5
НСР ₀₅	-	-	2	-	2	1	-
Условия вегетации с хорошей влагообеспеченностью							
Окская	7,43	7,25	81	4	85	10	5
Магева	7,38	7,19	82	4	86	9	5
М-52	6,99	6,61	83	5	88	8	4
НСР ₀₅	-	0,29	2	-	2	1	-

В ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК были проведены исследования по определению фракционного состава методом Осборна. Проанализировано 16 образцов сои селекции 2021–2022 гг. Отмечено преобладание альбуминовой фракции (в среднем 91 %), а также ее широкая межсортная вариабельность – от 87,3 % (сорт Вита) до 95,1 % (сорт Грея). В то же время сорт Вита характеризуется максимальным содержанием глобулинов и глютелинов (7,5 % и 5,1 % соответственно), минимальным – сорта Грея и Гном (табл. 2). При проведении оценки взаимосвязей между содержанием белковых фракций рассматриваемых сортов сои, была установлена устойчивая отрицательная зависимость между уровнем альбуминов и двумя другими фракциями (-0,91), при этом глобулины и глютелины связаны средней положительной корреляцией (+0,67). Это свидетельствует о широкой

дифференциации по соотношению водо-, соле- и щелочерастворимой фракций и возможности селекции на альбумины [неопубликованные данные].

Таблица 2

Фракционный состав белков семян сои, урожай 2022 г.

Сорт	Азотсодержащие фракции, %			Сумма фракций	Соотношение фракций, %		
	вод-ная	соле-вая	щелоч-ная		альбу-мины	гло-бу-лины	глоте-лины
Барс	28,31	1,49	1,09	30,89	91,65	4,82	3,53
Греш	28,22	1,09	0,35	29,66	95,14	3,67	1,18
Пума	28,22	1,23	1,23	30,68	91,98	4,01	4,01
Гном	28,04	1,09	0,53	29,66	94,54	3,67	1,79
Вилана бета	27,52	1,71	1,31	30,54	90,11	5,60	4,29
Рысь	26,82	1,44	1,09	29,35	91,38	4,91	3,71
Селена	25,42	1,31	1,18	27,91	91,08	4,69	4,23
Иней	25,42	1,49	1,05	27,96	90,92	5,33	3,76
Любава	25,33	1,58	1,14	28,05	90,30	5,63	4,06
Ирбис	25,33	1,71	1,05	28,09	90,17	6,09	3,74
Триада	25,07	1,62	1,09	27,78	90,24	5,83	3,92
Вилана	24,50	1,62	0,79	26,91	91,04	6,02	2,94
Славия	22,79	0,96	0,83	24,58	92,72	3,91	3,38
Баргузин	22,31	1,40	1,27	24,98	89,31	5,60	5,08
Вита	22,31	1,93	1,31	25,55	87,32	7,55	5,13
Мамонт	21,57	1,40	1,09	24,06	89,65	5,82	4,53

Оценка взаимосвязи между содержанием белка и масла в семенах сои, выведенных в разных регионах РФ

Основными химическими признаками, определяющими качество семян сои, являются содержание белка и масла. В связи с этим современными исследователями активно ведутся работы в направлении оценки сортов сои по химическому составу семян, а также выявления закономерностей его изменения. Несмотря на то, что вопрос накопления масла и белка сои остается мало изученным и единое мнение о факторах, влияющих на их содержание, отсутствует, большинство авторов отмечает отрицательную корреляционную зависимость между ними в период вегетации [22; 23; 24]. Это связывают с особенностью базового гена зернобобовых, повышающего уровень белка при одновременном снижении масличности и продуктивности семян сои. В связи с этим перед отечественными селекцио-

нерами долгое время стояла задача устранения или сведения к минимуму разрыва между содержанием масла и белка при минимальном снижении урожайности. Приблизиться к ее решению удалось исследователям ВНИИМК (г. Краснодар), которыми были выведены и переданы на сортоиспытание высокобелковые сорта сои, не снижающие масличность и урожайность.

В начале 2000-х созданы высокобелковый и низкоингибиторный сорт сои Валента и уникальные селекционные линии с содержанием белка 47–49 %, внесенные в Реестр селекционных достижений и рекомендованные к использованию в пищевой промышленности. При селекционно-генетическом улучшении сои по вкусовым и органолептическим качествам выведен сорт Лакта, максимально приспособленный для производства соевых молочных продуктов. Также в результате 18-летней селекционно-генетической работы в условиях Северного Кавказа были выведены сортообразцы сои, в которых сочетаются высокое содержание белка (43,4–47,5 %) и масла (19–23 %) и пониженная активность ингибиторов трипсина Кунитса, замедляющих процессы расщепления пищи [25].

В более ранние годы на базе ВНИИМК прошли сортоиспытание и были районированы раннеспелые сорта Диана, Руно, Быстрица, содержание белка в которых варьировало от 40–41 %, масла – 20–21 % на сухое вещество. В эту же группу входит ультраскороспелый сорт Лада [25; 26].

В течение 6 лет (2010–2015 гг.) исследователями ВНИИМК проводились работы по изучению ранних сортов Славия и Лира, которые демонстрируют сильную вариацию коэффициентов K_1 (белок + масло) и K_2 (белок/масло) с увеличением содержания белка. Это соотносится с экологической моделью, определяющей зависимость данного фактора только от климатических условий. В то же время у высокобелкового сорта Форс с увеличе-

нием содержания белка коэффициент K_1 снижается при стабильном увеличении K_2 , что относится к липидно-деградационной модели, которая описывает факторы частичной деградации биосинтеза масла в семенах [27].

В 2015 г. в лаборатории селекции сои Армавирской опытной станции (филиал ВНИИМК) методом индивидуального отбора был выведен и передан на сортоиспытание среднеспелый сорт Зара. В качестве стандарта были использованы два районированных сорта: Дуар (раннеспелый) и Вилана (среднеспелый). Содержание белка в семенах сорта Зара варьировало в зависимости от погодных условий произрастания. Так, в 2015 и 2018 гг. оно составляло 43,2–44,1 %, а в условиях 2016 г. – 41,8 %. Содержание масла в семенах в период испытаний варьировало в интервале от 21,4 до 23,9 % (табл. 3).

Таблица 3

Биохимическая характеристика семян сои сорта Зара

Сорт	Год	Содержание белка, %	Содержание масла, %
Зара	2015	43,2	21,4
	2016	41,8	23,9
	2017	43,7	22,4
	2018	44,1	21,4
	среднее	42,9	22,5
Вилана (стандарт)	2015	42,4	21,1
	2016	43,5	20,2
	2017	43,3	21,0
	2018	41,9	21,2
	среднее	43,1	20,7
Дуар (стандарт)	2015	44,1	20,1
	2016	43,3	21,4
	2017	43,5	21,4
	2018	41,8	22,0
	среднее	43,6	20,9

При этом урожайность сорта на протяжении трех лет сортоиспытания (2015–2017 гг.) статистически превосходила аналогичный показатель стандартов на 24–25 %. Высокая продуктивность, а также содержание белка и масла способствуют широкому его внедрению в производство.

В 2018 г. сорт Зара был включен в Государственный реестр селекционных достижений по Северо-Кавказскому ре-

гиону. Также двумя годами позже при помощи индивидуального отбора был выведен высококачественный сорт зернового направления Парус, превысивший по урожайности вышерассмотренные стандарты Дуар и Вилана на 0,26 и 0,20 т/га соответственно. Среднее содержание белка его семян составило 40,7 %. Сорт успешно прошел сортоиспытания и в 2020 г. был включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию по Северо-Кавказскому региону [28].

Первым высокобелковым и высокоурожайным сортом сои в России был сорт Ирбис, зарегистрированный в 2019 г. и допущенный к использованию в Северо-Кавказском регионе, Нижнем Поволжье и центральной России. Второй сорт – Барс, допущенный для возделывания в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах. Ирбис в лучших условиях обеспечивает 45,5–46 % белка, Барс – от 43,5 до 44,5 %, при этом последний имеет повышенную устойчивость к заморозкам [29].

За последние 5 лет селекционерами ВНИИМК были выведены высокобелковые сорта Грея (максимальный диапазон варьирования 41–46 %), Вилана-бета, Триада, Баргузин, Барс, Иней, Вита и другие, с содержанием белка от 34,8 до 39,5 %, масла – от 20 до 23 % [30]. При этом сорта демонстрируют устойчивость к засухе и обеспечивают урожайность до 55 ц/га, что соответствует поставленным селекционным задачам.

Селекционерами ВНИИ сои были проведены масштабные исследования по изучению и установлению основных аспектов изменчивости признака масличность/белок, а также сравнительный анализ по основным показателям биохимического состава семян сои. Установлена сильно отрицательная корреляционная связь между содержанием белка и масла в зерне новых сортов сои. Сорт Кружевница характеризовался содержанием белка выше среднего ($40,70 \pm 0,49$ % и $41,58 \pm 0,42$ % соответственно) при уровне масла

ниже среднего ($17,77 \pm 0,20$ и $17,79 \pm 0,25$ соответственно). При этом повышенной масличностью отличаются сорта Пепелина ($19,80 \pm 0,41$ %), Чародейка ($20,34 \pm 0,25$ %) и Топаз ($20,74 \pm 0,05$ %). Минимальный суммарный показатель белка и масла семян сои составил $55,57 \pm 0,78$ % (Пепелина), в то время как максимальный – $59,36 \pm 0,74$ % (Кружевница) [24]. Данные по биохимическому составу исследуемых сортов сои представлены в таблице 4.

Таблица 4

Биохимический состав соевого зерна ($M \pm \Delta$ при $P = 0,95$), 2020 г.

Сорт	Содержание, %		
	масло	белок	белок + масло
Кружевница	$17,79 \pm 0,25$	$41,58 \pm 0,42$	$59,36 \pm 0,74$
Журавушка	$19,36 \pm 0,15$	$38,68 \pm 0,14$	$58,03 \pm 0,35$
Невеста	$17,77 \pm 0,20$	$40,70 \pm 0,49$	$58,47 \pm 0,84$
Куханна	$18,02 \pm 0,50$	$38,36 \pm 0,27$	$56,39 \pm 0,82$
Лебедушка	$19,19 \pm 0,35$	$37,41 \pm 0,51$	$56,68 \pm 0,82$
Пепелина	$19,80 \pm 0,41$	$35,77 \pm 0,65$	$55,57 \pm 0,78$
Китросса	$18,06 \pm 0,12$	$38,04 \pm 0,18$	$56,10 \pm 0,44$
Сентябринка	$19,78 \pm 0,19$	$36,53 \pm 0,51$	$56,31 \pm 0,75$
Статная	$19,24 \pm 0,19$	$37,97 \pm 0,27$	$57,21 \pm 0,48$
Золушка	$19,26 \pm 0,33$	$36,84 \pm 0,70$	$56,10 \pm 0,73$
Топаз	$20,74 \pm 0,05$	$35,61 \pm 0,22$	$56,34 \pm 0,24$
Чародейка	$20,34 \pm 0,25$	$37,48 \pm 0,14$	$57,82 \pm 0,36$

В 2019–2020 гг. исследователями ВИР им. Н.И. Вавилова были изучены на предмет биохимического состава сортообразцы сои различного географического происхождения (рис. 2). В коллекцию входили образцы Орловской, Амурской, Самарской, Белгородской, Воронежской, Саратовской областей, Краснодарского края, а также зарубежной селекции.



Рисунок 2 – Количество использованных в анализе образцов сои отечественной и зарубежной селекции [31]

Содержание протеина в исследуемой коллекции варьировало в пределах от 24,00 (к-10956, Сербия) до 33,87 % (Красивая Меча, Россия) и в среднем составило 28,00 %, что соотносится с данными, рассмотренными в предыдущих исследованиях. Содержание жира зафиксировано в диапазоне от 15,35 до 21,23 %, среднее значение составило 18,28 % [31].

Влияние метеорологических условий на содержание масла и белка семян сои для разных регионов возделывания

Климатический фактор имеет важное теоретическое и практическое значение, поскольку учет климатических особенностей региона культивирования сои и их влияния на биохимические компоненты семян дает возможность сохранения продовольственного и семенного фондов. По мнению П.П. Вавилова и Г.С. Посыпанова, содержание белка в семенах зависит от ряда факторов: генотипа сорта, почвенно-климатических условий зоны, обеспеченности растений элементами питания, а также от условий и продолжительности хранения [32].

Зависимость урожайности некоторых сортов сои от погодных условий региона возделывания отмечается многими исследователями. Например, на базе Всероссийского научно-исследовательского института зерновых культур им. И.Г. Калининченка (Ростовская область) были проведены исследования селекционных линий и сортов сои разных лет сбора и условий культивирования. По этим данным, образцы значительно различались по содержанию белка в семенах, оно варьировало от 40,2 до 47,8 %. Так, если в засушливом 2007 г. содержание белка было в диапазоне от 43,9 до 52,4 %, то в 2009 г., отличавшемся высокой влажностью, – от 39,5 до 47,8 %. Низкая относительная влажность и высокая температура в 2007 г. способствовали большему накоплению белка – на 4,4–4,6 %. Содержание масла варьировало в пределах от 13,5 % в засушливом 2007 г. до 19,7 % в умеренно влажном 2009 г. В то же время

независимо от погодных условий года исследований выявлены коллекционные образцы, характеризующиеся стабильно высоким содержанием белка в семенах [33].

В 2011–2013 гг. в Дальневосточном ГАУ (г. Благовещенск) были исследованы сорта сои с разным вегетационным периодом в условиях естественного (16 ч) и короткого (12 ч) дня. Отмечено снижение накопления протеина у позднеспелых сортов при уменьшении фотопериодического режима на 1 %. При этом для раннеспелых изменение продолжительности дня не оказывает влияния на содержания белка. Увеличение содержание масла скороспелых сортов более выражено при полном 16-часовом световом дне, при уменьшении этого периода до 12 ч показатель масличности снижается. Для позднеспелых сортов характерна обратная зависимость [34].

В 2017–2019 гг. Чувашским ВНИИСХ было рассмотрено влияние основных факторов климатических условий южной части Волго-Вятского региона на урожайность некоторых сортов сои. Выявлена высокая корреляционная взаимосвязь между влагообеспеченностью и урожайностью вегетационного периода. Целенаправленный подход к выбору сорта с учетом метеоусловий области выращивания позволит регулировать формирование и стабильность урожая [35].

На базе ВНИИ сои проводились работы по изучению содержания белка и масла семян сои различных групп спелости – от ультраскороспелой (90 дней) до позднеспелой (125 дней). Семена были культивированы в период 2017–2019 гг. с продолжительностью вегетационного периода от 91 до 113 дней (в зависимости от групп спелости). Полученные данные показывают различия в содержании белка и жира как в пределах одного сорта, выведенного в один год, так и между несколькими сортами, выведенными при различных условиях (табл. 5) [22].

Таблица 5

Зависимость содержания белка и жира (%) в семенах сои селекции ВНИИ сои от вегетационного периода, 2017–2018 гг.

Сорт	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Вегетационный период, дни
	белок	жир	белок	жир	белок	жир	
Статная	39,3	18,5	38,6	18,8	43,0	16,7	102
Золушка	38,8	18,8	38,9	18,7	40,4	17,3	112
Сентябринка	39,0	19,5	42,3	19,2	41,1	18,1	91
Топаз	40,8	20,0	40,8	20,0	41,0	18,6	91
Сортообразец К-8	40,1	20,3	40,8	20,8	40,4	17,9	113
НСР $F_{\text{теор}} = 3,84$	0,12	0,12	0,06	0,08	0,46	0,07	-

Однако рассчитанные коэффициенты вариации по содержанию белка в зависимости от погодных условий для рассмотренных сортов сои изменялись в диапазоне от 0,28 до 5,87, что может свидетельствовать о невысоком влиянии изучаемых факторов на изменчивость данного признака.

В Энгельском районе Саратовской области в период 2019–2021 гг. были проведены исследования по накоплению белка и жира у раннеспелых сортов сои в условиях орошения и его отсутствия. Согласно полученным результатам, орошение способствует повышению уровня их содержания в испытуемых сортах. Особенно высокими показателями белка отличаются семена сорта Натали (39,9 %), масла – сорта Соер 7 (20,5 %) (табл. 6) [14].

Таблица 6

Влияние сортовых особенностей на содержание белка и жира (в среднем за 2019–2021 гг.)

Сорта	Орошение	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Содержание жира, %
Командор	Да	3,36	39,0	19
	Нет	0,23	37,5	16
Мезенка	Да	5,28	37,5	19,8
	Нет	1,41	36,2	18,0
Натали	Да	2,04	39,9	16,4
	Нет	1,96	38,7	16,2
Соер 7	Да	4,81	37,9	20,5
	Нет	0,17	35,0	16,3
НСР _{0,5}				0,24

Аминокислотный состав семян сои

Соевый протеин представлен разнообразным аминокислотным составом, который признан полноценным, поскольку содержит практически все необходимые человеку аминокислоты (лизин, триптофан, метионин, фенилаланин, валин) и по химическому составу близок к белку животного происхождения. По данным разных исследователей можно сделать вывод о его максимальном соответствии стандартам ФАО и Всемирной организации здравоохранения, а по некоторым аспектам и о превышении норм (рис. 3).

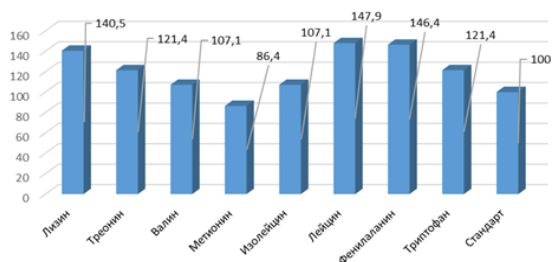


Рисунок 3 – Содержание незаменимых аминокислот в соевом белке в % к международному стандарту на пищевой белок ФАО/ВОЗ

Высокое качество и питательные свойства белка сои подтверждаются наличием таких важных незаменимых аминокислот, как лизин, треонин, фенилаланин и лейцин. При этом содержание валина и изолейцина превышает на 7 %, а триптофана – на 21 % предписанные нормы ФАО/ВОЗ. Отмечено минимальное количество метионина (на 14 % ниже идеальной величины), недостаток которого может быть восполнен добавлением зерен кукурузы при производстве соевой продукции или непосредственно самой кислоты, изготавливаемой промышленным путем.

Некоторые сорта сои (например, северного экотипа) характеризуются очень высоким содержанием незаменимых аминокислот в семенах, их доля в белковом комплексе составила 63,10–63,98 %, в том числе гистидина 7,2–7,7 %, лизина – 7,7–7,8 %, триптофана – 4,6–4,9 %, аргинина –

8,4–8,8, треонина – более 4,0, фенилаланин – 3,5 %.

В лаборатории белка ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК был проведен анализ аминокислотного состава семи сортов семян сои репродукции 2019–2020 гг., который показал следующие результаты (табл. 7).

Таблица 7

Аминокислотный состав белка семян сои, 2019–2020 гг., %/кг ВСВ

Сорт Аминокислота	Чара	Олимпия	Вита	Донская-9	Ирбис	Пума	Вилана
Метионин*	0,18	0,19	0,22	0,25	0,25	0,28	0,32
Изолейцин*	0,42	0,56	0,51	0,47	0,60	0,69	0,62
Валин*	0,48	0,58	0,57	0,49	0,63	0,74	0,68
Треонин*	0,52	0,57	0,57	0,62	0,60	0,71	0,80
Фенилаланин*	0,62	0,67	0,71	0,79	0,67	0,88	0,84
Лизин*	0,65	0,79	0,85	0,80	0,76	0,98	0,93
Лейцин*	0,94	1,11	1,08	1,14	1,09	1,34	1,30
Σ НАК	3,79	4,45	4,49	4,54	4,21	5,60	5,47
Цистеин	0,27	0,22	0,26	0,26	0,32	0,29	0,54
Гистидин	0,39	0,38	0,42	0,43	0,38	0,42	0,49
Тирозин	0,57	0,54	0,55	0,62	0,52	0,56	0,60
Глицин	0,53	0,60	0,63	0,63	0,62	0,76	0,75
Аланин	0,56	0,67	0,67	0,67	0,60	0,88	0,84
Пролин	0,84	0,87	0,88	0,88	0,83	0,96	0,98
Серин	0,74	0,45	0,83	0,92	0,81	0,96	1,07
Аргенин	0,76	0,87	0,88	0,93	0,82	1,18	1,06
Аспарагиновая кислота	1,88	1,80	1,77	2,15	1,87	2,20	2,75
Глутаминовая кислота	2,55	2,82	2,89	2,99	2,70	3,32	3,56
Σ ЗАК	9,06	9,20	9,75	10,46	9,45	11,51	12,62

* незаменимая аминокислота (НАК)

Σ НАК – сумма НАК

Σ ЗАК – сумма заменимых аминокислот

По содержанию аминокислот в белке семян сои между образцами установлены достаточно большие отличия. Так, по пяти незаменимым аминокислотам: изолейцину, валину, фенилаланину, лейцину и лизину, максимальный показатель определен для сорта Пума – 4,63 %/кг ВСВ, минимальный – для сорта Чара (3,79 %/кг ВСВ). Максимальная сумма незаменимых аминокислот отмечена у сортов Пума и Вилана (5,6 %/кг и 5,47 %/кг ВСВ соответственно). Сорт Вилана превосходит сорт Пума по содержанию метионина и треонина в белке семян. По сумме заменимых аминокислот лидирует сорт Вилана

на – 16,62 %/кг ВСВ, у сорта Чара по данному показателю также наименьшее значение – 9,06 %/кг ВСВ. В целом для рассмотренных образцов семян сои характерно двукратное преобладание суммарного количества заменимых аминокислот над незаменимыми [неопубликованные данные].

По данным исследователей РГАУ им. Тимирязева, наиболее высоким содержанием лизина, триптофана, гистидина и аргинина отличаются семена среднеспелого сорта М-52, в то время как скороспелый сорт Светлая – метионина, цистеина и валина. Также есть сведения о наличии этилена, ускоряющего созревание в семенах скороспелых сортов, высокая концентрация которого зафиксирована в засушливые солнечные годы [29; 36; 37; 21].

Ранее в Краснодарском крае в разные годы были выведены скороспелые высокопродуктивные сорта Форс и Веста, отмеченные высокой биологической ценностью и характеризующиеся повышенным содержанием аминокислот, в том числе незаменимых (табл. 8) [38].

Таблица 8

Содержание аминокислот исследуемых образцов семян сои и суточная потребность человека в них, 2000 г.

Аминокислота	Суточная потребность	Содержание аминокислот в семенах сои различных сортов, г/100 г						
		Ходсон	Юг-30	Лань	Руно	Вилана	Форс	Веста
Незаменимые								
Лизин	3-5	2,11	2,25	2,16	2,25	2,15	2,54	2,49
Треонин	2-3	1,40	1,47	1,42	1,48	1,42	1,64	1,61
Валин	3-4	1,65	1,71	1,67	1,71	1,66	1,85	1,82
Изолейцин	3-4	1,49	1,60	1,53	1,60	1,52	1,83	1,79
Лейцин	4-6	2,52	2,68	2,58	2,69	2,56	3,02	2,96
Фенилаланин	2-4	1,75	1,89	1,80	1,90	1,79	2,20	1,14
Заменимые								
Аспарагиновая кислота	6	3,85	4,12	3,95	4,13	3,93	4,72	4,60
Серин	3	1,84	1,96	1,88	1,96	1,87	2,23	2,18
Глутаминовая кислота	16	6,38	6,77	6,52	6,79	6,49	7,62	7,46
Пролин	5	2,04	2,22	2,11	2,23	2,09	2,61	2,54
Глицин	3	1,46	1,57	1,50	1,58	1,49	1,81	1,76
Аланин	3	1,50	1,58	1,53	1,59	1,52	1,76	1,72
Тирозин	3-4	1,07	1,16	1,10	1,16	1,09	1,35	1,32
Гистидин	2	0,85	0,93	0,88	0,94	0,88	1,11	1,07
Аргинин	6	2,51	2,70	2,58	2,71	2,56	3,11	3,03

В то же время учеными ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур (Одинцово) было установлено, что аминокислотный состав семян нескольких сортов сои, выращенных в разных условиях, имеет некоторые различия. Так, семена сои, выращенные в Московской области, превышают по содержанию гистидина и глутаминовой кислоты семена из Приамурья. При этом сорта Соната и Гармония, выведенные в Амурской области, имеют преобладающее содержание тирозина, лейцина и аспарагиновой кислот [39].

В 2019 г. селекционерами ВНИИ сои была проведена оценка аминокислотного профиля сортов сои Топаз, Колоритная, Чародейка и Статная, в ходе которой было установлено, что межсортовой диапазон варьирования по всем незаменимым аминокислотам, кроме изолейцина, валина и гистидина, не превышает 1 % (табл. 9). Данные сорта рекомендованы для производства продуктов питания широкого назначения, в частности, соевого молока [40].

Таблица 9

Аминокислотный состав соевого зерна (M ± m), %

Аминокислота	Сорт сои				
	Топаз	Колоритная	Чародейка	Статная	Диапазон содержания
Лизин	6,22 ± 0,01	6,06 ± 0,03	6,18 ± 0,03	6,00 ± 0,02	0,22
Фенилаланин	4,05 ± 0,00	4,31 ± 0,00	4,12 ± 0,01	4,29 ± 0,01	0,26
Лейцин	8,40 ± 0,04	7,92 ± 0,08	8,34 ± 0,10	7,89 ± 0,03	0,51
Изолейцин	5,31 ± 0,01	6,31 ± 0,02	5,42 ± 0,05	6,11 ± 0,06	1,0
Валин	8,63 ± 0,12	7,16 ± 0,31	8,01 ± 0,18	6,67 ± 0,08	1,96
Треонин	3,47 ± 0,02	3,27 ± 0,04	3,43 ± 0,04	3,20 ± 0,02	0,27
Метинин + цистеин	2,10 ± 0,01	1,44 ± 0,03	2,05 ± 0,04	1,51 ± 0,02	0,66

На базе научно-исследовательской лаборатории ФГБНУ ВНИИ сои (Благовещенск, Амурская область) были проведены испытания регенератных линий сои, в качестве стандарта использо-

вался сорт Ходсон. По результатам исследования все моноклональные образцы были на уровне стандарта, однако отмечается значительное отличие исследуемых линий по содержанию гистидина от исходной формы, при этом степень проявления данного признака превосходит ее в 1,5–2 раза [41].

Известно, что для разных сортов сои варьирование протеина, не сбалансированного по АКС, составляет от 30 до 50 %. Поэтому при составлении рецептов кормов для животных необходимо проведение балансировки по той или иной кислоте, направленной на устранение дефицита аминокислот и сокращение затрат протеина [42]. Потребность в аминокислотах для роста и развития, в первую очередь, будет зависеть от генетического потенциала животного в синтезе белка. Соотношение аминокислот, необходимых для поддержания жизнедеятельности животных, показано в таблице 10 [43; 44].

Таблица 10

Идеальное соотношение аминокислот для поддержания жизнедеятельности животных и синтеза белка (по отношению к лизину)

Аминокислота	Поддержание жизнедеятельности, %	Образование белка, %
Лизин	100	100
Метионин + цистеин	147	53
Треонин	139	69
Триптофан	29	18
Изолейцин	45	63
Лейцин	111	115
Валин	43	77
Фенилаланин + тирозин	124	124

Стоит отметить, что большинство кормов, в частности для свиней, содержит белковые концентраты для удовлетворения потребности исключительно в лизине, не учитывая другие незаменимые аминокислоты. Количество данных концентратов уменьшают в кормовой промышленности за счет кристаллических аминокислот [45].

Заключение. Рассмотренные в данной работе биохимические характеристики и

хозяйственно полезные свойства семян сортов сои, выведенных в разные периоды в различных регионах РФ, позволяют сделать вывод об их высокой биологической ценности и перспективности для дальнейших селекционных изысканий. Приоритетными целями данного обзора является анализ данных для последующего использования в селекционной практике. Рассмотрены сорта сои с высоким содержанием белка и масла, а также поиск способов устранения сильно выраженной вариабельности данного признака. Обозначены полноценность аминокислотного состава созданных сортов сои и доступность методов его балансировки по лимитирующим аминокислотам. Приведенные в обзоре высокопродуктивные сорта, выведенные отечественными селекционерами, также отличаются высокой адаптацией к условиям региона произрастания. Это открывает возможности для их возделывания в различных регионах РФ и применения в пищевой промышленности.

Список литературы

1. Готов ли российский рынок к альтернативным кормовым белкам: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agro-matik.ru/press/info-spec/gotov-li-rossijskij-gynok-k-alternativnym-kormo-vym-belkam/> (дата обращения: 27.09.2023).
2. Рынок растительного белка в России: оценка экспертов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://foodtech-nologist.ru/2023/05/10/gynok-rastitelnogo-belka-v-rossii-otsenka-ekspertov/> (дата обращения: 27.09.2023).
3. Технические культуры. Соя: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msd.com.ua/tehnicheskie-kultury/-soya/> (дата обращения: 22.07.2022).
4. Олховатов Е.А., Пономаренко Л.В., Коваленко М.П. Использование сои в пищевых и медицинских целях // Молодой ученый. – 2015. – № 15 (95). – С. 231–235.
5. Соевый белок: [Электронный ресурс]. – <https://www.agrodialog.com.ua/soevyj-belok.html> (дата обращения: 03.08.2022).
6. Левкина О.В. Оценка конкурентоспособности соевого шрота при использовании его в рационах различных видов сельскохозяйственных животных и птицы // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 28–33.
7. Салиджанова Ш.Д., Рузубаев А.Д. Исследование переработки соевого масла и использование его

при производстве маргарина // Технология продовольственных продуктов. – 2018. – № 12 (57). – С. 1–6.

8. Кирсанова Е.В., Алфеева Е.Л., Колосова Е.Ю. Научное обеспечение производства сои: [Электронный ресурс] // Мат-лы VI Междунар. студ. электрон. науч. конф. «Студенческий научный форум 2014». Секция «Информационное обеспечение агропромышленного комплекса», Орловский ГАУ, 15 февраля – 31 марта 2014 г. – Режим доступа: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2014/5547.pdf>.

9. Устюгов А.Д., Конин И.В., Рожков А.Ю. Соя и технологии её переработки // Молодёжь и наука. – 2012. – № 1. – С. 219–221.

10. Зеленцов С.В. Методические основы селекционных процессов у сои и его улучшающие модификации во ВНИИМК (обзор) // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 2. (182). – С. 128–129.

11. Доморощенкова М.Л., Лишаева Л.Н. Некоторые аспекты производства и формирования рынка соевых белков на современном этапе // Пищевая промышленность. – 2010. – № 2. – С. 32–38.

12. Фадеев Л.В. Соя – культура 21 века. – 423 с.: [Электронное издание]. – Режим доступа: <https://www.fadeevagro.com/wp-content/uploads/2017/11/xxi-.pdf>.

13. Ибрагимова В.И. Экономическая эффективность выращивания сои в современных условиях // Молодой ученый. – 2017. – № 1 (135). – С. 176–178.

14. Кошкарлова Т.С., Зейлигер А.М. Сравнительный анализ раннеспелых сортов сои в условиях Юга России // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 6. – С. 19–20.

15. Viral Immunology and Immunopathology / Ed. by Notkins A.L. – London: Academic press Inc., 1975. – 483 p.

16. Ницевская К.Н. Исследование семян сои и люпина пищевых сортов // Молодёжь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. – С. 1–3.

17. Адамовская В.Г., Молодченкова О.О., Сичкарь В.И., Картузова Т.В., Безкровная Л.Я., Лаврова Г.Д. Компонентный состав у 7 и 11 S глобулинов сои у гибридных линий F6 и их родительских форм // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2016. – № 14 (2). – С. 163–167.

18. Делаев У.А., Кобозев И.В. Качество семян сои северного экотипа в зависимости от условий выращивания // Проблемы развития АПК региона. – 2013. – № 1 (13). – С. 9–14.

19. Вишнякова М.А., Сеферова И.В. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 5. – С. 905–916.

20. Grant G., Duncan M. Peas and lentils // In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. – Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, UK, 2003. – P. 4433–4440.

21. Попова Н.П., Бельшикина М.Е. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа //

Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 104–105.

22. Синеговская В.Т., Очкурова В.В., Синеговский М.О. Содержание белка и жира в семенах сортов сои различного генетического происхождения // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 5. – С. 15–19.

23. Петибская В.С. Соя. Химический состав и использование / Под ред. акад. РАСХН, д-ра с.-х. наук В.М. Лукомца. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. – 432 с.

24. Литвиненко О.В., Стаценко Е.С. Оценка биохимического состава соевого зерна в сравнительно-сортовом аспекте // Вестник КрасГУ. – 2020. – № 10. – С. 53–54.

25. Зеленцов С.В. Современные аспекты селекционно-генетического улучшения сои: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Сергей Викторович Зеленцов. – Краснодар, 2005. – 394 с.

26. Баранов В.Ф. Добрая культура // Научно-популярный очерк о сое. – Краснодар, 2002. – С. 17–19.

27. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Перспективы селекции высокобелковых сортов сои: выделение линий сои с разными механизмами увеличения белка в семенах (сообщение 2) // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 2. (166). – С. 42–49.

28. Устарханова Э.Г., Мацола Н.А. Экологическое испытание нового среднеспелого сорта сои Зара // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 12 (90). – Ч. 2. – С. 151–154.

29. В сое важен белок: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrobook.ru/expert/v-soe-vazhen-belok-dlya-kakih-celey-ni-ispolzovalis-zernobo-by-glavnoe-soderzhanie-proteina> (дата обращения: 26.07.2022).

30. Государственный реестр селекционных достижений: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/>.

31. Поминов А.В., Левкина А.Ю. Биохимическая оценка показателей качества зерна сортообразцов сои мировой коллекции ВИР в условиях Нижневолжского региона // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». – 2021. – № 6 (48). – С. 1–9.

32. Выскварка Г.С., Семенова Е.А. Изменение биохимического состава зерна сои *Glycine max* и *Glycine soja* при длительном хранении в разных условиях // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2015. – № 5. – С. 12–13.

33. Ермолина О.В. Изучение коллекции сои для создания исходного материала с высоким содержанием белка и масла в семенах в условиях Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Зерноград. – 2011. – 161 с.

34. Мысак Е.В., Селихова О.А. Изменение биохимического состава семян сои в зависимости от продолжительности дня: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kubansad.ru/media/uploads/files/konferenciya_molodih_uchenih/_konf_2017/5mysak.doc (дата обращения: 08.11.2023).

35. Иванова И.Ю., Фадеев А.А. Влияние погодных условий на урожайность сои в условиях Волго-

Вятского региона // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 4 (36). – С. 24–26.

36. *Лысинов Ю.А.* Аминокислоты в питании человека // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. – 2012. – № 2. – С. 94–97.

37. *Лукомец В.М., Кочегура А.В., Баранов В.М., Махонин В.Л.* Соя в России – действительность и возможность (монография). – Краснодар, 2013. – С. 1–4.

38. *Петибская В.С., Назаренко С.В.* Влияние биологических особенностей сорта и условий выращивания сои на биохимический состав семян // *Пищевая технология*. – 2000. – № 4. – С. 14–15.

39. *Романова Е.В.* Условия выращивания и биохимические показатели качества семян сои: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rusnauka.com/ESPR_2006/Agricole/5_romanova%20e.v.doc.htm (дата обращения: 08.11.2023).

40. *Литвиненко О.В., Корнева Н.Ю.* Перспективы использования новых сортов сои селекции Всероссийского НИИ сои в производстве соево-шоколадного напитка // *Вестник МГТУ*. – 2019. – № 3. – С. 413–420.

41. *Кодирова Г.А., Кубанкова Г.В.* Оценка содержания белка в семенном материале соматических линий сои // *Дальневосточный аграрный вестник*. – 2020. – № 3 (55). – С. 42–44.

42. *Омаров М., Головкин Е., Морозов Н., Каширица М.* Рацион балансируем по протеину // *Животноводство России*. – 2006. – № 2. – С. 57–58.

43. *Fuller M.F., McWilliam R., Wang T.C. & Giles L.R.* The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue accretion // *Brit. J. Nutr.* – 1989. – 62. – P. 255–267.

44. *Рядчиков В.Г.* Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 328 с.

45. *Кононенко С.И.* Влияние скармливания протеиновых добавок на продуктивность // *Научный журнал КубГАУ*. – 2013. – № 85. – С. 9–11.

References

1. *Gotov li rossiyskiy rynek k al'ternativnym kormovym belkam:* [Elektronnyy resurs]. – Режим доступа: <https://agro-matik.ru/press/info-spec/gotov-li-rossijskiy-rynek-k-al'ternativnym-kormovym-belkam/> (data obrashcheniya: 27.09.2023).

2. *Rynek rastitel'nogo belka v Rossii: otsenka ekspertov:* [Elektronnyy resurs]. – Режим доступа: <https://foodtech-nologist.ru/2023/05/10/rynek-rastitel'nogo-belka-v-rossii-otsenka-ekspertov/> (data obrashcheniya: 27.09.2023).

3. *Tekhnicheskie kul'tury. Soya:* [Elektronnyy resurs]. – Режим доступа: <https://msd.com.ua/texnicheskie-kul'tury/-soya/> (data obrashcheniya: 22.07.2022).

4. *Ol'khovtsov E.A., Ponomarenko L.V., Kovalenko M.P.* Ispol'zovanie soi v pishchevykh i meditsinskikh tselyakh // *Molodoy uchenyy*. – 2015. – № 15 (95). – С. 231–235.

5. *Soevyy belok:* [Elektronnyy resurs]. – <https://www.agrodialog.com.ua/soevyj-belok.html> (data obrashcheniya: 03.08.2022).

6. *Levkina O.V.* Otsenka konkurentosposobnosti soevogo shrota pri ispol'zovanii ego v ratsionakh razlich-

nykh vidov sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptitsy // *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. – 2019. – № 1. – С. 28–33.

7. *Salidzhanova Sh.D., Ruzibaev A.D.* Issledovanie pererabotki soevogo masla i ispol'zovanie ego pri proizvodstve margarina // *Tekhnologiya prodovol'stvennykh produktov*. – 2018. – № 12 (57). – С. 1–6.

8. *Kirsanova E.V., Alfeeva E.L., Kolosova E.Yu.* Nauchnoe obespechenie proizvodstva soi: [Elektronnyy resurs] // *Mat-ly VI Mezhdunar. stud. elektron. nauch. konf. «Studencheskiy nauchnyy forum 2014»*. Sektsiya «Informatsionnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa», Orlovskiy GAU, 15 fevralya – 31 marta 2014 g. – Rezhim dostupa: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2014/5547.pdf>.

9. *Ustyugov A.D., Konin I.V., Rozhkov A.Yu.* Soya i tekhnologii ee pererabotki // *Molodezh' i nauka*. – 2012. – № 1. – С. 219–221.

10. *Zelentsov S.V.* Metodicheskie osnovy selektsionnykh protsessov u soi i ego uluchshayushchie modifikatsii vo VNIIMK (obzor) // *Maslichnye kul'tury*. – 2020. – Vyp. 2. (182). – С. 128–129.

11. *Domoroshchenkova M.L., Lishaeva L.N.* Nekotorye aspekty proizvodstva i formirovaniya rynka soevykh belkov na sovremennom etape // *Pishchevaya promyshlennost'*. – 2010. – № 2. – С. 32–38.

12. *Fadeev L.V.* Soya – kul'tura 21 veka. – 423 s.: [Elektronnoe izdanie]. – Rezhim dostupa: <https://www.fadeevagro.com/wp-content/uploads/2017/11/xxi-.pdf>.

13. *Ibragimova V.I.* Ekonomicheskaya effektivnost' vyrashchivaniya soi v sovremennykh usloviyakh // *Molodoy uchenyy*. – 2017. – № 1 (135). – С. 176–178.

14. *Koshkarova T.S., Zeyliger A.M.* Sravnitel'nyy analiz rannespelykh sortov soi v usloviyakh Yuga Rossii // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. – 2022. – № 6. – С. 19–20.

15. *Viral Immunology and Immunopathology* / Ed. by Notkins A.L. – London: Academic press Inc., 1975. – 483 p.

16. *Nitsievskaya K.N.* Issledovanie semyan soi i lyupina pishchevykh sortov // *Molodezh' i nauka: sbornik materialov Kh Yubileynoy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 80-letiyu obrazovaniya Krasnoyarskogo kraya* [Elektronnyy resurs]. – Krasnoyarsk: Sibirskiy federal'nyy un-t, 2014. – С. 1–3.

17. *Adamovskaya V.G., Molodchenkova O.O., Sichkar' V.I., Kartuzova T.V., Bezkravnaya L.Ya., Lavrova G.D.* Komponentnyy sostav u 7 i 11 S globulinov soi u gibridnykh liniy F6 i ikh roditel'skikh form // *Visnik Ukraïnskogo tovaristva genetikiv i selektsioneriv*. – 2016. – № 14 (2). – С. 163–167.

18. *Delaev U.A., Kobozev I.V.* Kachestvo semyan soi severnogo ekotipa v zavisimosti ot usloviy vyrashchivaniya // *Problemy razvitiya APK regiona*. – 2013. – № 1 (13). – С. 9–14.

19. *Vishnyakova M.A., Seferova I.V.* Trebovaniya k iskhodnomu materialu dlya selektsii soi v kontekste sovremennykh biotekhnologiy // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. – 2017. – № 5. – С. 905–916.

20. *Grant G., Duncan M.* Peas and lentils // In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. – Rowett Re-

search Institute, Bucksburn, Aberdeen, UK, 2003. – P. 4433 – 4440.

21. Popova N.P., Belyshkina M.E. Osobennosti belkovogo kompleksa semyan soi severnogo ekotipa // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – 2018. – № 1. – S. 104–105.

22. Sinegovskaya V.T., Ochкурова V.V., Sinegovskiy M.O. Soderzhanie belka i zhira v semenakh sortov soi razlichnogo geneticheskogo proiskhozhdeniya // Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka. – 2020. – № 5. – S. 15–19.

23. Petibskaya V.S. Soya. Khimicheskii sostav i ispol'zovanie / Pod red. akad. RASKhN, d-ra s.-kh. nauk V.M. Lukomtsa. – Maykop: OAO «Poligraf-YuG», 2012. – 432 s.

24. Litvinenko O.V., Statsenko E.S. Otsenka biokhimicheskogo sostava soevogo zerna v sravnitel'no-sortovom aspekte // Vestnik KrasGU. – 2020. – № 10. – S. 53–54.

25. Zelentsov S.V. Sovremennye aspekty selektsionno-geneticheskogo uluchsheniya soi: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk / Sergey Viktorovich Zelentsov. – Krasnodar, 2005. – 394 s.

26. Baranov V.F. Dobraya kul'tura // Nauchno-populyarnyy ocherk o soe. – Krasnodar, 2002. – S. 17–19.

27. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Perspektivy selektsii vysokobelkovykh sortov soi: vydelenie liniy soi s raznymi mekhanizmami uvelicheniya belka v semenakh (soobshchenie 2) // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2016. – Vyp. 2. (166). – S. 42–49.

28. Ustarkhanova E.G., Matsola N.A. Ekologicheskoe ispytanie novogo srednespelogogo sorta soi Zara // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. – 2019. – № 12 (90). – Ch. 2. – S. 151–154.

29. V soe vazhen belok: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agrobook.ru/expert/v-soe-vazhen-belok-dlya-kakih-celey-ni-ispolzovalis-zernoboby-glav-noe-soderzhanie-proteina> (data obrashcheniya: 26.07.2022).

30. Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizheniy: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://gossortrf.ru/registry/>.

31. Pominov A.V., Levkina A.Yu. Biokhimicheskaya otsenka pokazateley kachestva zerna sortoobraztsov soi mirovoy kolleksii VIR v usloviyakh Nizhnovolzhskogo regiona // Elektronnyy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal «AgroEkoInfo». – 2021. – № 6 (48). – S. 1–9.

32. Vyskvarka G.S., Semenova E.A. Izmenenie biokhimicheskogo sostava zerna soi Glycine max i Glycine soja pri dlitel'nom khraneni v raznykh usloviyakh // Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet). – 2015. – № 5. – S. 12–13.

33. Ermolina O.V. Izuchenie kolleksii soi dlya sozdaniya iskhodnogo materiala s vysokim soderzhaniem belka i masla v semenakh v usloviyakh Rostovskoy oblasti: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Zernograd. – 2011. – 161 s.

34. Mysak E.V., Selikhova O.A. Izmenenie biokhimicheskogo sostava semyan soi v zavisimosti ot prodolzhitel'nosti dnya: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.kubansad.ru/media/uploads/files/>

konferenciya_molodih_uchenih/_konf_2017/5mysak.doc (data obrashcheniya: 08.11.2023).

35. Ivanova I.Yu., Fadeev A.A. Vliyanie pogodnykh usloviy na urozhaynost' soi v usloviyakh Volgo-Vyatskogo regiona // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2020. – № 4 (36). – S. 24–26.

36. Lysikov Yu.A. Aminokisloty v pitanii cheloveka // Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya. – 2012. – № 2. – S. 94–97.

37. Lukomets V.M., Kochegura A.V., Baranov V.M., Makhonin V.L. Soya v Rossii – deystvitel'nost' i vozmozhnost' (monografiya). – Krasnodar, 2013. – S. 1–4.

38. Petibskaya V.S., Nazarenko S.V. Vliyanie biologicheskikh osobennostey sorta i usloviy vyrashchivaniya soi na biokhimicheskii sostav semyan // Pishcheyaya tekhnologiya. – 2000. – № 4. – S. 14–15.

39. Romanova E.V. Usloviya vyrashchivaniya i biokhimicheskie pokazateli kachestva semyan soi: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.rusnauka.com/ESPR_2006/Agricole/5_romanova%20e.v.doc.htm (data obrashcheniya: 08.11.2023).

40. Litvinenko O.V., Korneva N.Yu. Perspektivy ispol'zovaniya novykh sortov soi selektsii Vserossiyskogo NII soi v proizvodstve soevo-shokoladnogo napitka // Vestnik MGTU. – 2019. – № 3. – S. 413–420.

41. Kodirova G.A., Kubankova G.V. Otsenka soderzhaniya belka v semennom materiale somaklonal'nykh liniy soi // Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – 2020. – № 3 (55). – S. 42–44.

42. Omarov M., Golovko E., Morozov N., Kashirina M. Ratsion balansiruem po proteinu // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2006. – № 2. – S. 57–58.

43. Fuller M.F., McWilliam R., Wang T.C. & Giles L.R. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue accretion // Brit. J. Nutr. – 1989. – 62. – P. 255–267.

44. Ryadchikov V.G. Osnovy pitaniya i kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: uchebno-prakticheskoe posobie. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – 328 s.

45. Kononenko S.I. Vliyanie skarmlivaniya protei-novykh dobavok na produktivnost' // Nauchnyy zhurnal KubGAU. – 2013. – № 85. – S. 9–11.

Сведения об авторах

Ю.Ю. Поморова, зав. лаб., вед. науч. сотр., канд. тех. наук

В.В. Пятовский, аналитик

Ю.М. Серова, науч. сотр.

Получено/Received

29.09.2023

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

13.10.2023

Получено после доработки/Manuscript revised

20.10.2023

Принято/Accepted

30.10.2023

Manuscript on-line

30.12.2023