

Динамика накопления олигосахаридов в процессе созревания семян сои

РЕЗЮМЕ

Актуальным является исследование сортов зернового направления для оценки их потенциала использования в качестве овощной продукции.

Цель исследования — изучить накопление олигосахаридов (сахарозы, рафинозы и стахиозы) в зерне сои сортов селекции Всероссийского НИИ сои в процессе созревания между репродуктивными стадиями R6–R7. Установлено увеличение содержания сахарозы, рафинозы и стахиозы в процессе налива семян во всех исследуемых сортах. Сорта зернового направления Даурия и Евгения продемонстрировали более интенсивное накопление сахарозы по сравнению с Mikawashima. Предпочтительным периодом сбора зеленых бобов можно считать с 1-го по 14-й день фазы R6, при котором зеленые семена сои характеризовались оптимальным балансом между содержанием сахарозы и антипитательных олигосахаридов. В этот период содержание сахарозы в зерне сортов Даурия и Евгения составляло 2,74–3,65 г / 100 г и 2,59–4,44 г / 100 г, соответственно, суммарное содержание рафинозы и стахиозы (Σ ОСП) — 0,78–1,0 г / 100 г (Даурия) и 0,42–2,32 г / 100 г (Евгения), обеспечивая соотношение «сахароза — Σ ОСП» в диапазонах 3,51–3,65 (Даурия) и 6,17–1,91 (Евгения). Сорт Евгения, отобранный с 1-го по 7-й день после стадии R6, характеризуется наиболее благоприятным балансом «сахароза — Σ ОСП» (6,17–3,48) и представляется перспективным для дальнейших исследований с целью оценки его пригодности для овощного использования.

Ключевые слова: овощная соя, зерновая соя, углеводы, сахароза, рафиноза, стахиоза, соевые олигосахариды

Для цитирования: Загуменная Г.В., Кодирова Г.А. Динамика накопления олигосахаридов в процессе созревания семян сои. *Аграрная наука*. 2026; 404 (03): 82–88. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-404-03-82-88>

Oligosaccharide accumulation dynamics during the ripening of soybean seeds

ABSTRACT

The relevant to study grain-type varieties to assess their potential for use as vegetable products.

The aim of the study is to examine the oligosaccharide (sucrose, raffinose, and stachyose) accumulation in soybean grains of soybean varieties of the All-Russian Scientific Research Institute of Soybean during ripening between reproductive stages R6–R7. Increase in sucrose, raffinose and stachyose content during seed filling was found for all varieties. Grain-type varieties Dauriya and Evgeniya demonstrated more intensive sucrose accumulation compared to Mikawashima. The preferred harvesting period for green beans can be considered from the 1st to the 14th day of the R6 phase, during which green soybean seeds exhibited an optimal balance between sucrose content and antinutritional oligosaccharides. During this period, the sucrose content in grains of Dauria and Eugenia varieties was 2.74–3.65 g / 100 g and 2.59–4.44 g / 100 g, respectively, the total content of raffinose and stachyose (Σ OCP) was 0.78–1.0 g / 100 g (Dauria) and 0.42–2.32 g / 100 g (Eugenia), providing a sucrose — Σ ORS ratio in the ranges of 3.51–3.65 (Dauria) and 6.17–1.91 (Eugenia). The Evgeniya variety, selected from the 1st to the 7th day after the R6 stage, exhibits the most favorable “sucrose— Σ ORS” balance (6.17–3.48) and appears promising for further research to assess its suitability for use as a vegetable product.

Key words: vegetable soybean, grain soybean, carbohydrates, sucrose, raffinose, stachyose, soy oligosaccharides

For citation: Zagumennaya G.V., Kodirova G.A. Oligosaccharide accumulation dynamics during the ripening of soybean seeds. *Agrarian science*. 2026; 404 (03): 82–88 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-404-03-82-88>

Введение/Introduction

Бобовые культуры играют ключевую роль в обеспечении населения полноценным растительным белком и сложными углеводами, которые являются важными компонентами здорового питания. Среди разнообразия бобовых культур соя (*Glycine max* L.) занимает лидирующие позиции благодаря своему биохимическому составу и широкому спектру применения.

Соевое зерно характеризуется высоким содержанием белка, включающего все незаменимые аминокислоты, что делает его особенно ценным для людей, придерживающихся вегетарианского и веганского образа жизни. Помимо белка, соя богата сложными углеводами, пищевыми волокнами, витаминами группы *B*, *E*, *K*, а также минеральными веществами, такими как железо, кальций, магний, фосфор и калий [1, 2].

Благодаря богатому составу соя широко используется в пищевой промышленности для производства разнообразных продуктов, включая масло, молоко, тофу, йогурт, сыр и другие продукты, являющиеся важной альтернативой молочным и мясным продуктам. Кроме того, соя является ценным компонентом кормов для сельскохозяйственных животных [3–5].

По направлению использования сорта сои можно условно разделить на зерновые и овощные. Овощная соя (эдамамэ) является традиционной культурой в странах Восточной Азии, где она высоко ценится за свои крупные сочные бобы с нежной текстурой и сладковатым вкусом. Эта сладость обусловлена высоким содержанием сахарозы и низким уровнем антипитательных веществ, что делает эдамамэ более привлекательным для потребителей по сравнению с зерновыми сортами сои.

В настоящее время выращивание овощной сои стало популярным на континентах Америки, Европы и Африки. Овощная соя употребляется в свежем, замороженном, вареном и жареном виде в качестве овоща или закуски, а также используется как ингредиент в различных блюдах, таких как салаты, супы и гарниры [6, 7].

Основным фактором, определяющим различие между овощной и зерновой соей, является стадия зрелости при уборке урожая. Своевременная уборка овощной сои (эдамамэ) имеет определяющее значение для сохранения оптимального биохимического состава семян, обеспечивающего желаемые текстурные и вкусовые характеристики, поскольку пожелтение бобов указывает на нежелательные изменения, снижающие качество овощного продукта.

В отличие от зерновой сои, убираемой в фазу полной спелости (R8), овощные сорта сои убирают в фазу технической спелости между репродуктивными стадиями R6 и R7 (налив семян и начало их спелости). В этот период семена мягкие и зеленые, но уже налитые, а бобы еще свежие, но уже поддающиеся лущению (зрелость около 80%).

Такой подход позволяет избежать затвердевания семян, снижения сладости и накопления грубых волокон, что выгодно отличает вкус, текстуру и пищевую ценность овощной сои [8–10].

Исследования показывают, что содержание питательных веществ в зерне овощной сои может варьировать в зависимости от сорта, условий выращивания и степени зрелости на момент сбора урожая [11]. На стадии технической спелости в 100 г сырых зерен отмечается высокое содержание белка (около 13 г), железа (3,55 мг), витаминов *A* (9 мкг), *B₁* (0,435 мг), *B₂* (0,175 мг), *C* (29 мг), а также углеводов (до 8,32 г в 100 г сухой массы) [12–14].

Качество зерна сои, используемого в овощном направлении, во многом зависит от биохимических процессов, протекающих в период созревания. Эти процессы включают в себя синтез и накопление различных углеводов, которые влияют на вкус, текстуру и усвояемость. Накопление углеводов в семенах сои является сложным процессом, который регулируется различными факторами, включая стадию развития растения, условия выращивания и сортовые особенности [15].

В отличие от других бобовых культур, соевое зерно характеризуется относительно низким содержанием усвояемых углеводов, преобладающая фракция которых представлена нерастворимыми полисахаридами, в частности клетчаткой (3–7%), лигнином (около 2%) и гемицеллюлозой (1,3–6,5%). Фракция растворимых углеводов представлена моносахаридами (глюкоза и фруктоза — 0,7–1,5%), дисахаридом (сахароза — 3–9%), олигосахаридами семейства рафинозы (ОСР) (рафиноза — 0,3–1%, стахиоза — 3–6%). В сое данная группа олигосахаридов присутствует во всех частях растения, но в большинстве своем накапливается в семядолях. По мере созревания сои концентрация рафинозы (от фазы технической к биологической спелости) увеличивается более чем в 2 раза, а стахиозы — в 45–50 раз [8, 16, 17].

Соотношение сахарозы и ОСР является одним из основных факторов, определяющих пригодность сои для использования в овощном направлении. Высокое содержание сахарозы на стадии технической спелости в зерне овощной сои (4–11%) обеспечивает желаемый сладкий вкус [11, 18, 19]. Однако значительная концентрация ОСР, таких как стахиоза и рафиноза, являющихся неперевариваемыми углеводами, может снижать биодоступность питательных веществ. Таким образом, для зерна сои, используемого в продуктах питания (и особенно в овощной продукции), важен баланс между содержанием сахарозы и антипитательных олигосахаридов. Относительно низкие показатели антипитательных олигосахаридов при высоком содержании сахарозы играют определяющую роль в оценке пригодности соевого зерна как сырья для производства овощной продукции [20, 21].

Согласно данным, представленным в научной литературе, содержание рафинозы и стахиозы на стадии R6, как у зерновых, так и у овощных сортов сои, как правило, невелико, что может быть связано с низкой активностью раффинозосинтазы и стахиозосинтазы. В дальнейшем (по мере снижения содержания влаги и приближения к стадии биологической спелости) активность этих ферментов возрастает, что приводит к резкому увеличению содержания ОСП [13].

В связи с ограниченным числом специально выведенных сортов овощной сои, а также с их не всегда высокой адаптивностью к различным почвенно-климатическим условиям возрастает интерес к исследованию сортов сои зернового типа для их возможного использования в овощном направлении. Научные исследования подтверждают перспективность такого подхода [22]. Однако информация о практическом опыте выращивания и переработки зерновой сои в РФ как овощной культуры крайне ограничена. Имеются лишь единичные сведения об исследованиях, проводимых российскими учеными, на предмет изучения возможности и целесообразности ее возделывания на территории страны. Установлено, что некоторые сорта сои зернового направления обладают потенциалом для использования в овощном направлении благодаря своим вкусовым качествам и пищевой ценности, но существенно уступают овощным сортам по крупности бобов и семян [19, 23].

Несмотря на наличие отдельных исследований, проблема адаптации и использования сортов сои зернового направления в качестве овощной продукции остается недостаточно изученной, что создает определенные сложности для внедрения данной культуры в производство. Принимая во внимание отсутствие информации о существовании сортов сои российской селекции, предназначенных для овощного использования, целесообразно провести исследование содержания олигосахаридов в семенах сортов зернового типа в период созревания, поскольку сортовые особенности и оптимальные сроки сбора урожая являются ключевыми факторами, влияющими на качество овощных соевых бобов.

Цели данного исследования — определить оптимальные сроки уборки и оценить потенциал использования сортов сои зернового направления селекции ВНИИ сои в качестве овощной продукции (эдамамэ) за счет изучения динамики накопления ключевых олигосахаридов (сахарозы, рафинозы и стахиозы) в семенах в период их технической спелости (стадии R6–R7) и установления зависимости между биохимическим составом и вкусовыми качествами конечного продукта.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции и биохимического анализа ФНЦ ВНИИ сои. Объектами исследования были выбраны три сорта сои: два зернового направления (Даурия и Евгения), созданные во Всероссийском НИИ сои и внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ¹, и сорт овощного направления Mikawashima (стандарт) японской селекции. Выбор сортов зернового направления был обусловлен следующими критериями: крупносемянность (масса 1000 семян > 160 г), количество семян в бобе (два и более), ярко-зеленые бобы со светло-серым опушением, светлая окраска семян и рубчика. Сорт Mikawashima был выбран в качестве стандарта, поскольку он является одним из наиболее распространенных сортов овощной сои и обладает хорошо изученными характеристиками [22].

Выращивание исследуемых сортов сои проводили в полевых условиях на селекционном участке Всероссийского НИИ сои в Амурской области. Почва опытного участка лугово-черноземовидная. Предшественник — зерновые культуры. Посев проводили широкорядным способом с междурядьями 45 см. Образцы высевали вручную в III декаде мая в 2023–2024 гг.

Агротехнические мероприятия по возделыванию сои включали следующие этапы: осенняя вспашка и боронование; весеннее дискование и внесение минеральных удобрений с культивацией; предпосевное внесение гербицида при бороновании; прикатывание и маркировка. В течение вегетации проводили междурядные культивации и ручные прополки. Отбор проб семян сои проводили в период созревания между репродуктивными стадиями развития R6–R7 в соответствии со шкалой Fehr and Caviness². Образцы семян отбирали с интервалом в 7 дней — начиная с 1-го дня после визуального определения стадии R6 и до 28-го дня включительно (1, 7, 14, 21 и 28 дней) для каждого исследуемого сорта.

Определение содержания общих углеводов выполняли многомерным методом БИК-анализа с использованием анализатора FOSS NIRSystems 5000 (G.R.A.S. Sound & Vibration A/S, Дания), основанного на регистрации спектров отражения анализируемых проб в ближней инфракрасной области и сопоставлении связи между спектральными и референтными значениями. Для обеспечения точности результатов БИК-анализа предварительно была проведена калибровка прибора с использованием стандартных образцов с известными значениями. Интерпретацию

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1 Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротех. 2020; 680.

² Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans *Glycine max.* (L) Merr. *Crop Sci.* 1971; 11: 929–930.

https://digitalcommons.usu.edu/bee_lab_er/302

спектров проводили по базовым градуировочным моделям с помощью программного обеспечения Vision 3.1 (FOSS Analytical F/S, Дания).

Определение содержания сахарозы, рафинозы и стахиозы выполняли методом капиллярного электрофореза на системе «Капель-205» (ООО «Люмэкс», РФ), оснащенной фотометрическим детектором. Анализ проводили в следующих условиях: кварцевый капилляр (длина 75 см, внутренний диаметр 50 мкм), длина волны детектирования 254 нм. Градуировочная характеристика устанавливалась с использованием градуировочных растворов в диапазоне: для сахарозы и стахиозы — 50–2000 мг/дм³, для рафинозы — 50–1000 мг/дм³. Идентификацию компонентов проводили по времени их выхода на электрофореграмме, которые являлись стабильными характеристиками и использовались для идентификации компонентов смеси олигосахаридов.

Методика подготовки проб включала последовательность следующих операций. В виолы с пробами добавляли 10 см³ 70%-го метанола, затем пробы выдерживали на водяной бане в течение 15 минут. После охлаждения пробы подвергали центрифугированию при скорости 5000 об/мин в течение 5 минут. Далее — выпаривание надосадочной жидкости. Сухие остатки растворяли в дистиллированной воде и проводили повторное центрифугирование. Полученный центрифугат разбавляли двукратным объемом раствора тетрадецилтриметиламмония бромидом и проводили анализ полученной пробы.

В процессе исследования регистрировали по три электрофореграммы для каждой подготовленной пробы. Обработку полученных данных проводили с использованием программного обеспечения «Эльфран» (ООО «Люмэкс», РФ). Количественное определение массовой доли сахарозы, рафинозы и стахиозы осуществляли по площади пиков, которая была пропорциональна концентрации соответствующих веществ.

Статистическую обработку данных проводили с применением программного обеспечения Microsoft Excel 2010 (США) и Statistica 10. Для оценки статистической значимости использовали уровень $p < 0,05$. Результаты, полученные в трех повторностях, представлены как среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm SD$, где M — среднее арифметическое значение, SD — стандартное отклонение).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В контексте использования сои в качестве овощной продукции содержание общих углеводов играет важную роль, определяя питательную ценность продукта.

Анализ данных показывает, что содержание общих углеводов в семенах сои увеличивается в период созревания (от R6 до R7) для всех исследуемых сортов (рис. 1). Это отражает естественный процесс накопления запасных веществ в семенах.

На начальном этапе (1-й день) содержание общих углеводов примерно одинаковое для всех сортов, но в процессе созревания зерна наблюдаются незначительные различия. К концу периода (28-й день) сорт Евгения демонстрирует наибольшее содержание в сухом веществе общих углеводов ($30,92 \pm 0,89$ г / 100 г), за ним следуют Mikawashima ($30,60 \pm 0,52$ г / 100 г) и Даурия ($29,01 \pm 0,12$ г / 100 г). Несмотря на различия в абсолютных значениях, статистически значимой разницы в содержании общих углеводов между сортами не выявлено ($p < 0,05$).

При относительной стабильности общего содержания углеводов фракционный анализ олигосахаридов позволил выявить существенные межсортовые различия (таблица 1). Накопление сахарозы, являющейся ключевым компонентом, определяющим вкусовые качества сои, наблюдалось для всех исследуемых сортов в процессе налива зерна. При этом наиболее интенсивный синтез сахарозы происходил в зерне сортов зернового направления: у Евгении ($2,59 \pm 0,05$ г / 100 г в 1-й день до $6,97 \pm 0,12$ г / 100 г в 28-й день), у Даурии ($2,74 \pm 0,03$ г / 100 г в 1-й день до $6,98 \pm 0,08$ г / 100 г в 28-й день). У сорта овощного типа Mikawashima накопление сахарозы было менее выраженным ($2,44 \pm 0,02$ г / 100 г в 1-й день до $5,44 \pm 0,07$ г / 100 г в 28-й день), что может быть связано с особенностями его генотипа.

Накопление рафинозы и стахиозы в семенах сои происходило одновременно с увеличением содержания сахарозы, демонстрируя сортовую специфичность в течение всего периода R6–R7. Для стандартного овощного сорта Mikawashima

Рис. 1. Содержание общих углеводов в зерне сои в период созревания (стадии R6–R7)

Fig. 1. The content of total carbohydrates in soybeans during the ripening period (stages R6–R7)

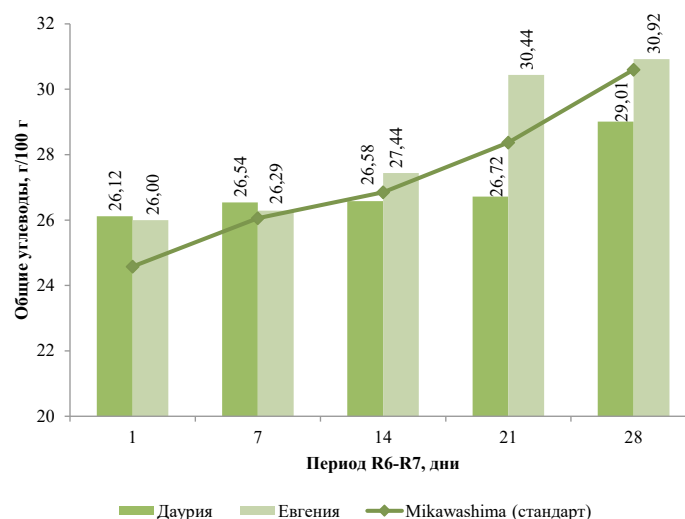


Таблица 1. Накопление олигосахаридов в зерне сои в период созревания (стадии R6–R7), г / 100 г

Table 1. Accumulation of oligosaccharides in soybean grain during the ripening period (stages R6–R7), g / 100 g

Сорт	Период R6–R7, дн.	Сахароза	Рафиноза	Стахиоза	Σ ОСП, г / 100 г	Соотношение сахароза/Σ ОСП
Mikawashima (стандарт)	1	2,44±0,02	0,09±0,00	0,00	0,09±0,01	21,11
	7	2,77±0,03	0,13±0,00	0,14±0,00	0,27±0,02	10,26
	14	3,30±0,05	0,17±0,00	0,19±0,00	0,36±0,01	9,17
	21	4,50±0,06	0,51±0,01	1,14±0,01	1,65±0,01	2,73
	28	5,44±0,07	0,77±0,01	2,48±0,02	3,25±0,02	1,67
Даурия	1	2,74±0,03	0,35±0,00	0,43±0,01	0,78±0,01	3,51
	7	3,28±0,03	0,36±0,01	0,48±0,01	0,84±0,01	3,90
	14	3,65±0,06	0,43±0,01	0,57±0,01	1,00±0,01	3,65
	21	4,03±0,08	0,63±0,01	2,00±0,01	2,63±0,01	1,53
	28	6,98±0,08	0,63±0,01	3,55±0,02	4,18±0,02	1,67
Евгения	1	2,59±0,05	0,20±0,00	0,22±0,00	0,42±0,01	6,17
	7	3,13±0,02	0,34±0,01	0,56±0,01	0,90±0,01	3,48
	14	4,44±0,03	0,57±0,01	1,75±0,01	2,32±0,01	1,91
	21	6,51±0,12	0,80±0,01	3,20±0,02	4,00±0,02	1,63
	28	6,97±0,12	0,86±0,01	3,30±0,06	4,16±0,04	1,68
НСР _{0,05}		0,92	0,16	0,66	0,72	5,53

Примечание: Σ ОСП — общее содержание олигосахаридов семейства рафинозы.

характерно относительно медленное накопление рафинозы на начальных этапах налива зерна (0,09 ± 0,00 г / 100 г в 1-й день до 0,17 ± 0,00 г / 100 г в 14-й день) с последующим резким увеличением показателя к 21-му дню (до 0,51 ± 0,01 г / 100 г) и превышением исходных значений в 5,7 раза.

Для сортов Даурия и Евгения характерно более равномерное накопление рафинозы в течение периода налива зерна. Аналогичные различия наблюдали и в динамике накопления стахиозы. Содержание данного показателя в зерне сорта Mikawashima оставалось минимальным до 14-го дня (1-й день ниже предела обнаружения), после чего наблюдался интенсивный рост, достигая максимальных значений к концу периода налива (28-й день). Вместе с тем Даурия и Евгения характеризовались более высоким содержанием стахиозы на начальных этапах налива зерна, однако темпы накопления были относительно невысокими.

Межсортовые различия проявляются в скорости накопления и максимальных значениях Σ ОСП. Количественный анализ содержания рафинозы и стахиозы в зерне исследуемых сортов показал, что их суммарное содержание (Σ ОСП) в зерне сортов Даурия и Евгения, особенно с 1-го по 21-й день, превышало значения, зафиксированные для сорта Mikawashima. Так, максимальное превышение содержания Σ ОСП над сортом Mikawashima составляло 8,7 раза (1-й день) для сорта Даурия

и 6,4 раза (14-й день) для сорта Евгения. Статистический анализ (НСР_{0,05} = 0,72) подтверждает достоверность выявленных различий между сортами и периодами исследования.

Учитывая, что для овощной сои важен баланс между содержанием сахарозы и антипитательных олигосахаридов, для оценки потенциала использования зерновых сортов в качестве овощной продукции был рассчитан показатель соотношения концентрации сахарозы к сумме ОСП (стахиоза + рафиноза). Анализ динамики изменения этого показателя в процессе налива зерна позволил выявить сортовые особенности, важные с практической точки зрения. Более высокие значения соотношения «сахароза — Σ ОСП» указывают на оптимизацию вкусовых и нутритивных характеристик овощной сои, проявляющихся в усилении сладкого вкуса и минимизации содержания антипитательных веществ, что в совокупности повышает потре-

бительскую ценность продукта.

Исследования показали, что сорт Mikawashima характеризуется оптимальным соотношением «сахароза — Σ ОСП» на ранних этапах налива зерна с 1-го по 14-й день после стадии R6 (21,11–9,17), однако в дальнейшем происходит значительное снижение этого показателя, связанное с интенсивным накоплением рафинозы и стахиозы. У Даурии данный показатель относительно стабильный с 1-го по 14-й день после стадии R6 (3,51–3,65), но значения в целом ниже, чем у овощного сорта Mikawashima. Сорт Евгения демонстрирует промежуточные значения между сортами Mikawashima и Даурия с оптимальным соотношением «сахароза — Σ ОСП» с 1-го по 7-й день (6,17–3,48), что может свидетельствовать о наиболее благоприятном сочетании вкусовых и диетических качеств.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о необходимости оптимизации сроков уборки сои зернового направления, предназначенной для использования в качестве овощной продукции, с учетом сортовых особенностей.

Выводы/Conclusions

Исследование показало, что содержание олигосахаридов (сахарозы, рафинозы и стахиозы) в зерне сои сортов зернового направления зависит от стадии созревания и сортовых особенностей.

Эти факторы оказывают влияние на качество овощной сои.

Наиболее интенсивный синтез сахарозы отмечен у сортов зернового направления. Выявлено, что соотношение сахарозы к сумме рафинозы и стахиозы («сахароза — Σ ОСП») изменяется в процессе созревания и зависит от генотипа.

Для достижения оптимального баланса между содержанием сахарозы и антипитательных олигосахаридов целесообразно рассматривать уборку

исследуемых сортов с 1-го по 14-й день стадии налива семян. Сорт Евгения (с учетом высокого потенциала для накопления сахарозы и относительно невысокого содержания антипитательных олигосахаридов) представляется наиболее перспективным для дальнейших исследований.

Таким образом, исследование подтвердило значимость сортовых особенностей и оптимальной стадии созревания для повышения качества овощной продукции из зерновой сои.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Денисова Д.А., Жаркова С.В. Влияние сорта и условий возделывания на урожайность сои в Бийско-Чумышской зоне Алтайского края. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2025; (1): 5–10. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2025-243-1-5-10>
- 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; (4): 84–96. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-4-196-84-96>
- Березина Н.А., Хмелева Е.В., Евдокимова О.В., Самофалова Л.А. Применение сои и продуктов ее переработки в перерабатывающей и пищевой промышленности. *Биология в сельском хозяйстве*. 2023; (3): 25–37. <https://elibrary.ru/eceyji>
- Скрипко О.В. Разработка технологии консервов из сои. *Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. Сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2023; 632–635. <https://elibrary.ru/sxdcyq>
- Стаценко Е.С., Пензин А.А., Усанов В.С. Анализ использования соевого зерна при создании обогащающих добавок и продуктов пищевого и кормового назначения. *Вестник КрасГАУ*. 2024; (8): 203–218. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-8-203-218>
- Casas-Leal N.E., Pereira F.A.C., Vello N.A. Improvement of vegetable soybean: genetic diversity and correlations of traits between immature and mature plants. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2022; 22(1): e40052218. <https://doi.org/10.1590/1984-70332022v22n1a08>
- Krasnova I., Segliņa D., Juhņeviča-Radenkova K., Lepse L., Zeipiņa S. The effect of ozonated water on changes in the quality of blanched edamame during cold storage. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2022; 25: e2021140. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.14021>
- Шафигуллин Д.Р., Гинс М.С., Романова Е.В. Изучение накопления углеводов и фотосинтетических пигментов в листьях и семенах сои овощной (*Glycine max* L.). *Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения. Сборник трудов VII научной конференции с международным участием*. М.: ВИЛАР. 2019; 12: 125–132. <https://elibrary.ru/dorpug>
- Kumar V., Rani A., Goyal L., Pratap D., Billore S.D., Chauhan G.S. Evaluation of Vegetable-Type Soybean for Sucrose, Taste-Related Amino Acids, and Isoflavones Contents. *International Journal of Food Properties*. 2011; 14(5): 1142–1151. <https://doi.org/10.1080/10942911003592761>
- Yu D. et al. Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chemistry*. 2022; 368: 130799. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130799>
- Zeipina S., Alsiņa I., Lepse L. Insight in edamame yield and quality parameters: A review. *Research for Rural Development*. 2017; 2: 40–45. <https://doi.org/10.22616/rrd.23.2017.047>

REFERENCES

- Denisova D.A., Zharkova S.V. Influence of variety and growing conditions on soybean yields in the Biya-Chumysh zone of the Altai Region. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2025; (1): 5–10 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2025-243-1-5-10>
- Pomorova Yu.Yu., Pyatovsky V.V., Serova Yu.M. Biochemical composition of soybean seeds produced in various regions of Russia and aspects of its biological value (review). *Oil Crops*. 2023; (4): 84–96 (in Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-4-196-84-96>
- Berezina N.A., Khmeleva E.V., Evdokimova O.V., Samofalova L.A. Application of soy and its processed products in the processing and food industry. *Biology in Agriculture*. 2023; (3): 25–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/eceyji>
- Skrpko O.V. Development of technology for canned soybeans. *Agro-industrial sector: status, problems, prospects. Proceedings of the XVIII International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2023; 632–635 (in Russian). <https://elibrary.ru/sxdcyq>
- Statsenko E.S., Penzin A.A., Usanov V.S. Soy bean grain use analysis in making enriching additives and alimentary and feed products. *Bulletin of KSAU*. 2024; (8): 203–218 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-8-203-218>
- Casas-Leal N.E., Pereira F.A.C., Vello N.A. Improvement of vegetable soybean: genetic diversity and correlations of traits between immature and mature plants. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2022; 22(1): e40052218. <https://doi.org/10.1590/1984-70332022v22n1a08>
- Krasnova I., Segliņa D., Juhņeviča-Radenkova K., Lepse L., Zeipiņa S. The effect of ozonated water on changes in the quality of blanched edamame during cold storage. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2022; 25: e2021140. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.14021>
- Shafigullin D.R., Gins M.S., Romanova E.V. The study of the of carbohydrates and photosynthetic pigments accumulation in leaves and seeds of vegetable soybean (*Glycine max* L.). *Modern Trends in the development of health-preserving technologies. Proceedings of the VII scientific conference with international participation*. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants. 2019; 12: 125–132 (in Russian). <https://elibrary.ru/dorpug>
- Kumar V., Rani A., Goyal L., Pratap D., Billore S.D., Chauhan G.S. Evaluation of Vegetable-Type Soybean for Sucrose, Taste-Related Amino Acids, and Isoflavones Contents. *International Journal of Food Properties*. 2011; 14(5): 1142–1151. <https://doi.org/10.1080/10942911003592761>
- Yu D. et al. Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chemistry*. 2022; 368: 130799. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130799>
- Zeipina S., Alsiņa I., Lepse L. Insight in edamame yield and quality parameters: A review. *Research for Rural Development*. 2017; 2: 40–45. <https://doi.org/10.22616/rrd.23.2017.047>

12. Мульо Панолуиса Ф.Э., Дьюф Д.Ш., Семенова Н.А., Романова Е.В. Основные характеристики сои овощной (*Glycine max* L. Merr.). *Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса*. 2023; (1): 33–38. <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2023-55-1-33-38>
13. Nair R.M. *et al.* Global Status of Vegetable Soybean. *Plants*. 2023; 12(3): 609. <https://doi.org/10.3390/plants12030609>
14. Pavlović N., Dolijanović Ž., Simić M., Kaitović Ž., Dragičević V., Brankov M. Edamame — Vegetable Crop of The Future: Production Challenges And Chemical Profile. *Agriculture and Forestry*. 2024; 70(3): 141–162. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.3.10>
15. Qi J. *et al.* Profiling seed soluble sugar compositions in 1164 Chinese soybean accessions from major growing ecoregions. *The Crop Journal*. 2022; 10(6): 1825–1831. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2022.04.015>
16. Кодирова Г.А., Загуменная Г.В., Низкий С.Е. Межсортовые различия содержания олигосахаридов в зерне сои. *Аграрный вестник Урала*. 2024; 24(10): 1312–1321. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1312-1321>
17. Kumar V. *et al.* Sucrose and Raffinose Family Oligosaccharides (RFOs) in Soybean Seeds As Influenced by Genotype and Growing Location. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 58(8): 5081–5085. <https://doi.org/10.1021/jf903141s>
18. Jamison D.R., Chen P., Hettiarachchy N.S., Miller D.M., Shakiba E. Identification of Quantitative Trait Loci (QTL) for Sucrose and Protein Content in Soybean Seed. *Plants*. 2024; 13(5): 650. <https://doi.org/10.3390/plants13050650>
19. Вишнякова М.А. и др. Исходный материал для селекции овощных бобовых культур в коллекции ВИР. *Овощи России*. 2013; (1): 16–25. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-1-16-25>
20. Banti M. Raffinose Family Oligosaccharides, Occurrence in Food Materials, Nutritional Implication and Methods of Analysis, a Review. *World Journal of Food Science and Technology*. 2021; 5(3): 37–44. <https://doi.org/10.11648/j.wjfst.20210503.11>
21. Elango D. *et al.* Raffinose Family Oligosaccharides: Friend or Foe for Human and Plant Health?. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 829118. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829118>
22. Ribera L.M., Filho A.B.C., Fernandes G.d.C., Aires E.S., da Silva M.L., Bonfim F.P.G. From a nutraceutical and anti-nutritional perspective, can a grain soybean cultivar be used as vegetable soybean?. *Ciência Rural*. 2024; 54(12): e20230518. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230518>
23. Литвиненко О.В., Корнева Н.Ю., Литвиненко А.А. Сравнительная оценка некоторых физических показателей сои зернового и овощного типов. *Аграрная наука*. 2025; (8): 98–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-397-08-98-103>
12. Mullo Panoluisa F.E., Diouf D.C., Semonova N.A., Romanova E.V. Main Characteristics of Vegetable Soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Theoretical & Applied Problems of Agro-Industry*. 2023; (1): 33–38 (in Russian). <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2023-55-1-33-38>
13. Nair R.M. *et al.* Global Status of Vegetable Soybean. *Plants*. 2023; 12(3): 609. <https://doi.org/10.3390/plants12030609>
14. Pavlović N., Dolijanović Ž., Simić M., Kaitović Ž., Dragičević V., Brankov M. Edamame — Vegetable Crop of The Future: Production Challenges And Chemical Profile. *Agriculture and Forestry*. 2024; 70(3): 141–162. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.3.10>
15. Qi J. *et al.* Profiling seed soluble sugar compositions in 1164 Chinese soybean accessions from major growing ecoregions. *The Crop Journal*. 2022; 10(6): 1825–1831. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2022.04.015>
16. Kodirova G.A., Zagumennaya G.V., Nizky S.E. Inter-variety differences in soybean grain oligosaccharide content. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24(10): 1312–1321 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-10-1312-1321>
17. Kumar V. *et al.* Sucrose and Raffinose Family Oligosaccharides (RFOs) in Soybean Seeds As Influenced by Genotype and Growing Location. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 58(8): 5081–5085. <https://doi.org/10.1021/jf903141s>
18. Jamison D.R., Chen P., Hettiarachchy N.S., Miller D.M., Shakiba E. Identification of Quantitative Trait Loci (QTL) for Sucrose and Protein Content in Soybean Seed. *Plants*. 2024; 13(5): 650. <https://doi.org/10.3390/plants13050650>
19. Vishnyakova M.A. *et al.* The initial material for grain legumes breeding in the collection of VIR. *Vegetable crops of Russia*. 2013; (1): 16–25 (in Russian). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2013-1-16-25>
20. Banti M. Raffinose Family Oligosaccharides, Occurrence in Food Materials, Nutritional Implication and Methods of Analysis, a Review. *World Journal of Food Science and Technology*. 2021; 5(3): 37–44. <https://doi.org/10.11648/j.wjfst.20210503.11>
21. Elango D. *et al.* Raffinose Family Oligosaccharides: Friend or Foe for Human and Plant Health?. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 829118. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829118>
22. Ribera L.M., Filho A.B.C., Fernandes G.d.C., Aires E.S., da Silva M.L., Bonfim F.P.G. From a nutraceutical and anti-nutritional perspective, can a grain soybean cultivar be used as vegetable soybean?. *Ciência Rural*. 2024; 54(12): e20230518. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230518>
23. Litvinenko O.V., Korneva N.Yu., Litvinenko A.A. Comparative assessment of some physical indicators of grain and vegetable soybeans. *Agrarian science*. 2025; (8): 98–103 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-397-08-98-103>

ОБ АВТОРАХ

Галина Викторовна Загуменная

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
kgv@vniiso.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6074-902X>

Галина Александровна Кодирова

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
kga@vniiso.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2414-5699>

Всероссийский научно-исследовательский институт сои,
Игнатьевское шоссе, 19, Благовещенск, 675027, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Galina Viktorovna Zagumennaya

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
kgv@vniiso.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6074-902X>

Galina Alexandrovna Kodirova

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
kga@vniiso.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2414-5699>

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean,
19 Ignatievskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia