

Научная статья

УДК 633.34:631.52

EDN FQBYOC

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0480-0-145-151>

### **Использование белковых маркеров в сортовой идентификации сои**

**Елена Александровна Семенова<sup>1</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
**Галина Игоревна Карасева<sup>2</sup>**, аспирант

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [elenasemen@yandex.ru](mailto:elenasemen@yandex.ru), <sup>2</sup> [karaseva2897@mail.ru](mailto:karaseva2897@mail.ru)

**Аннотация.** Исследована коллекция 10 сортов сои с помощью электрофореза запасных белков – 11S глобулинов. Определены основные компоненты белка (10, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 23, 24, 27-28, 42, 48-49), встречаемость которых в сортах сои составляет более 50 %, а также редкие компоненты 31 и 39 с частотой встречаемости 10 %. Сорта Грация, Киото, Припять, Рось являются монотипными (один биотип). Сорта Аннушка, Евгения, Лазурная, Пепелина имеют два биотипа, а сорта Батя и Марина – три биотипа. Полученные результаты можно использовать для определения сортовой принадлежности и сортовой чистоты семян сои.

**Ключевые слова:** соя, запасные белки, электрофорез, электрофоретический спектр

**Для цитирования:** Семенова Е. А., Карасева Г. И. Использование белковых маркеров в сортовой идентификации сои // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 145–151.

Original article

### **The use of protein markers in the varietal identification of soybeans**

**Elena A. Semenova<sup>1</sup>**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Galina I. Karaseva<sup>2</sup>**, Postgraduate Student

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [elenasemen@yandex.ru](mailto:elenasemen@yandex.ru), <sup>2</sup> [karaseva2897@mail.ru](mailto:karaseva2897@mail.ru)

**Abstract.** A collection of 10 soybean varieties was studied using electrophoresis of storage proteins – 11S globulins. The main protein components (10, 12, 13,

14, 17, 18, 20, 23, 24, 27-28, 42, 48-49) were determined; their occurrence in soybean varieties was more than 50% and rare components 31 and 39 with a frequency of occurrence of 10%. The varieties Gratsiya, Kioto, Pripyat, Ros are monomorphic (one biotype). The varieties Annushka, Evgeniya, Lazurnaya, Pepelina have two biotypes, and the varieties Batya and Marina have three biotypes. The obtained results can be used to determine the varietal affiliation and varietal purity of soybean seeds.

**Keywords:** soybeans, storage proteins, electrophoresis, electrophoretic spectrum

**For citation:** Semenova E. A., Karaseva G. I. The use of protein markers in the varietal identification of soybeans. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 145–151), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

**Введение.** Соя – высокобелковая зернобобовая культура с содержанием белка от 28 до 52 %. Белок сои интересен не только как компонент питания человека и животных, но и как генетический маркер для решения различных проблем генетики и селекции.

Белки семян можно разделить на метаболические (ферменты, ингибиторы ферментов, лектины и компоненты хромосом, рибосом и мембран) и запасные (проламины, глобулины). Запасные белки составляют подавляющую часть белков семени, поэтому с ними связывают количественные и качественные белковые характеристики семян.

Белки являются продуктами экспрессии генов, точно отражают особенности генетических систем и могут служить надежными маркерами для идентификации сортов в семеноводстве и семенном контроле. Кроме того, белковые маркеры применяются в селекции для анализа исходного и селекционного материала, благодаря чему селекционер может получить дополнительную информацию о генотипах и оптимизировать селекционный процесс.

Одним из методов, способных помочь в оценке качества семян, является метод электрофоретического анализа запасных белков. Уникальность белковых профилей каждого сорта обусловлена определенным набором компонентов, которые кодируются аллелями соответствующих генов. Анализ спектра

полиморфных белков позволяет идентифицировать различные сорта, биотипы и линии растений [1].

Для идентификации сортов сои, как и других бобовых культур, используют 7S (вицилиноподобные) и 11S (легуминоподобные) глобулины. Для выявления 7S белков проводят SDS-электрофорез без редуцирующего агента, так как их субъединицы скреплены лишь водородными связями и силами гидрофобного взаимодействия. Для полной диссоциации молекул 11S глобулинов необходим SDS-электрофорез в присутствии редуцирующего агента (меркаптоэтанола), поскольку полипептиды в субъединицах скреплены S-S связями [2].

В современной практике для решения задач генетики, селекции, сохранения биологического разнообразия, изучения эволюционных процессов, составления генетических карт и семеноводства применяются ДНК-маркеры. Однако белковые маркеры наряду с высокой информативностью и удобством использования отличаются низкой стоимостью, поэтому они не утратили своей актуальности в идентификации генотипов.

**Целью работы** явилось изучение полиморфизма запасных белков семян у разных сортов сои и возможности их использования в семенном контроле.

**Материал и методика исследований.** Объектами исследований послужили семена 10 сортов сои разного эколого-географического происхождения, включенные в государственный реестр сортов и гибридов селекционных растений, допущенных к использованию в Российской Федерации.

Проведение электрофоретического анализа 11S глобулинов семян сои и интерпретация результатов полученных белковых спектров осуществлялась согласно модифицированной методике определения [3].

Для получения электрофоретических белковых спектров были использованы оригинальные семена, предоставленные Федеральным исследовательским центром Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова.

**Результаты исследований.** Результаты электрофореза запасных белков сои представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Основные компоненты белкового спектра семян сои**

<b>Сорт</b>	<b>Оригинатор</b>	<b>Основные компоненты белкового спектра</b>
Аннушка	ООО «РУССКАЯ ГЕНЕТИКА», РФ	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 13 <sub>1</sub> , 14 <sub>1</sub> , 17 <sub>1</sub> , 20 <sub>2</sub> , 22 <sub>2</sub> , 24 <sub>2</sub> , 27 <sub>4</sub> , 30 <sub>1</sub> , 32 <sub>1</sub> , 35 <sub>1</sub> , 38, 42, 48 <sub>4</sub> , 51 <sub>1</sub> , 55, 58, 60, 70
Батя	ФГБУН ХФИЦ ДВО РАН, РФ	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 14 <sub>2</sub> , 16 <sub>1</sub> , 18 <sub>2</sub> , 23 <sub>2</sub> , 24 <sub>3</sub> , 27 <sub>4</sub> , 29 <sub>1</sub> , 31 <sub>1</sub> , 32 <sub>1</sub> , 38, 42 <sub>1</sub> , 48 <sub>4</sub> , 51 <sub>1</sub> , 58, 60, 70
Грация	ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, РФ	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 14 <sub>1</sub> , 17 <sub>1</sub> , 18, 20 <sub>2</sub> , 23 <sub>1</sub> , 25 <sub>2</sub> , 28 <sub>3</sub> , 29 <sub>4</sub> , 34 <sub>1</sub> , 35 <sub>1</sub> , 38, 43 <sub>1</sub> , 50 <sub>4</sub> , 58, 62 <sub>1</sub> , 74
Евгения	ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, РФ	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 14 <sub>1</sub> , 18 <sub>1</sub> , 19 <sub>2</sub> , 22 <sub>1</sub> , 24 <sub>2</sub> , 27 <sub>4</sub> , 33 <sub>1</sub> , 34 <sub>1</sub> , 38 <sub>1</sub> , 40 <sub>1</sub> , 42 <sub>1</sub> , 43 <sub>1</sub> , 48 <sub>4</sub> , 58 <sub>1</sub> , 61
Киото	SEMENCES PROGRAIN INC, Канада	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 13 <sub>1</sub> , 14 <sub>1</sub> , 17 <sub>1</sub> , 18 <sub>2</sub> , 23 <sub>3</sub> , 26 <sub>1</sub> , 27 <sub>4</sub> , 29 <sub>1</sub> , 32, 37, 42, 47 <sub>4</sub> , 52, 56, 58, 68
Лазурная	ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, РФ	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 13 <sub>1</sub> , 17 <sub>1</sub> , 20 <sub>2</sub> , 23 <sub>1</sub> , 24 <sub>1</sub> , 27 <sub>4</sub> , 33 <sub>1</sub> , 35 <sub>1</sub> , 42 <sub>2</sub> , 43 <sub>1</sub> , 49 <sub>2</sub> , 50 <sub>4</sub> , 53 <sub>1</sub> , 58 <sub>1</sub> , 62 <sub>1</sub> , 70
Марина	ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», РФ	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 13 <sub>1</sub> , 14 <sub>1</sub> , 16 <sub>1</sub> , 17 <sub>1</sub> , 20 <sub>2</sub> , 23 <sub>1</sub> , 24 <sub>2</sub> , 27 <sub>4</sub> , 30 <sub>1</sub> , 33 <sub>1</sub> , 34 <sub>1</sub> , 37 <sub>2</sub> , 42 <sub>1</sub> , 47 <sub>4</sub> , 52, 57, 60, 70
Пепелина	ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, РФ	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 13 <sub>1</sub> , 14 <sub>1</sub> , 17 <sub>1</sub> , 18 <sub>1</sub> , 19 <sub>2</sub> , 23 <sub>2</sub> , 25 <sub>3</sub> , 27 <sub>4</sub> , 33 <sub>1</sub> , 34 <sub>1</sub> , 39 <sub>1</sub> , 42 <sub>2</sub> , 48 <sub>4</sub> , 31 <sub>1</sub> , 33 <sub>1</sub> , 34 <sub>1</sub> , 39 <sub>1</sub> , 42 <sub>2</sub> , 48 <sub>4</sub> , 51, 57 <sub>3</sub> , 60 <sub>3</sub> , 68, 70
Припять	ООО «СОЯ-СЕВЕР КО», Республика Беларусь	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 14 <sub>1</sub> , 17 <sub>1</sub> , 20 <sub>2</sub> , 22 <sub>1</sub> , 24 <sub>3</sub> , 27 <sub>4</sub> , 30 <sub>1</sub> , 32, 33, 35, 38, 42, 48 <sub>4</sub> , 51 <sub>1</sub> , 55, 58, 60, 70
Рось	ООО «СОЯ-СЕВЕР КО», Республика Беларусь	10 <sub>3</sub> , 12 <sub>3</sub> , 13 <sub>1</sub> , 16 <sub>1</sub> , 18 <sub>2</sub> , 22 <sub>2</sub> , 25 <sub>2</sub> , 26 <sub>4</sub> , 30, 35, 40, 45 <sub>4</sub> , 49 <sub>1</sub> , 53, 55, 58, 60, 68, 70
Примечания: использованы индексы 0 – очень слабый (следы); 1 – слабый; 2 – интенсивный; 3 – очень интенсивный; 4 – сдвоенный.		

Согласно данным работы [4] и нашим исследованиям, электрофоретические спектры разных сортов сои характеризуются однообразием. Основные различия проявляются как в наличии, так и отсутствии некоторых компонентов, или в интенсивности их окрашивания. По частоте встречаемости спектры делятся на две группы: основные (встречаемость более 50 %) и редкие (встречаемость 15 % и менее).

Встречаемость интенсивных компонентов 10 и 12 составляла 100 %, частота сдвоенного компонента 27-28 составляла 80 %, а сдвоенного компонента 48-49 – 60 %. К числу довольно распространенных компонентов относятся 13, 14, 17, 18, 20, 23, 24, 42 с частотой встречаемости 50–80 %. Разнообразие

между сортами наблюдалось преимущественно в зоне спектра 29-40. Довольно редкие компоненты 16, 19, 22, 25, 30, 32, 37, 43 встречаются с частотой 20–30 %. Редкие компоненты 31 и 39 с частотой встречаемости 10 % выявлены у сортов Батя и Пепелина соответственно.

По числу идентифицированных биотипов генотипы разделяются на монморфные (содержат по одному биотипу) и полиморфные (содержат несколько белковых биотипов). Если генотип является полиморфным, то есть имеет несколько типов спектра, то для каждого типа определяется частота встречаемости [2].

В ходе проведенной оценки был выявлен уровень генетического полиморфизма сортов сои. Среди них были такие, которые представлены одним спектром – Грация, Киото, Припять, Рось. Остальные сорта были полиморфными, несмотря на то, что соя относится к самоопыляемым растениям. Разнообразие сортов-самоопылителей объясняется мутациями, которые приводят к тому, что «сорта-линии» состоят из смеси генотипов [4]. Сорта Аннушка, Евгения, Лазурная, Пепелина имеют два биотипа, а сорта Батя и Марина – три. Соотношение биотипов представлено на рисунке 1.

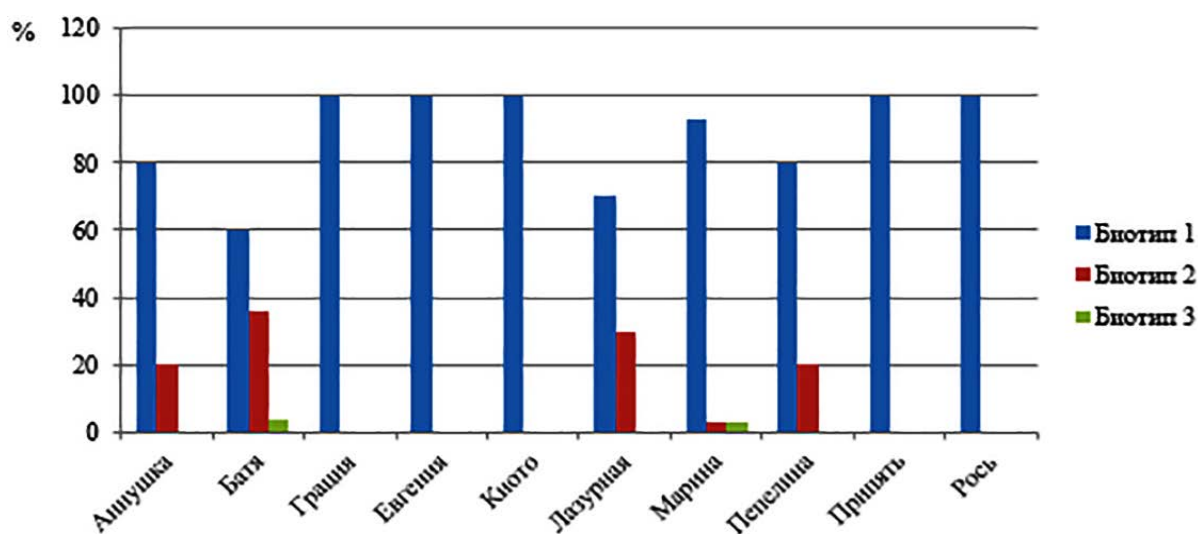


Рисунок 1 – Соотношение биотипов сортов сои

Наличие нескольких биотипов у сортов сои может повышать их уровень адаптивности к экологическим условиям. С целью более полной оценки стабильности или изменчивости белковых спектров исследуемых сортов необходимо изучить динамику изменения внутренней гетерогенности при выращивании в контрастных условиях.

**Заключение.** Таким образом, методом электрофореза запасных белков были получены индивидуальные спектры сортов сои, определены количество биотипов и их процентное соотношение. Полученные результаты можно использовать для установления сортовой принадлежности и сортовой чистоты семян сои.

#### **Список источников**

1. Конарев А. В., Конарев В. Г., Губарева Н. К., Пенева Т. И. Белки семян как маркеры в решении проблем генетических ресурсов растений, селекции и семеноводства // Цитология и генетика. 2000. Т. 34. № 2. С. 91–104.
2. Конарев В. Г. Сортовая идентификация по белкам зерна // Сельскохозяйственная биология. 1989. № 1. С. 51–59.
3. Семена бобовых. Определение сортовой принадлежности, сортовой чистоты и генетического качества методом электрофоретического анализа запасных белков. Методика определения. Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 24 с.
4. Авдеев В. И. Прикладные проблемы белкового маркирования растений. Методологические аспекты // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 22–25.

#### **References**

1. Konarev A. V., Konarev V. G., Gubareva N. K., Peneva T. I. Seed proteins as markers in solving problems of plant genetic resources, breeding and seed production. *Tsitologiya i genetika*, 2000;34;2:91–104 (in Russ.).

2. Konarev V. G. Varietal identification by grain proteins. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 1989;1:51–59 (in Russ.).

3. *Legume seeds. Determination of varietal affiliation, varietal purity and genetic quality by electrophoretic analysis of reserve proteins. The method of determination*, Gorki, Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2009, 24 p. (in Russ.).

4. Avdeev V. I. Applied problems of protein labeling of plants. Methodological aspects. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019; 1:22–25 (in Russ.).

© Семенова Е. А., Карасева Г. И., 2025

Статья поступила в редакцию 01.04.2025; одобрена после рецензирования 12.05.2025; принята к публикации 09.07.2025.

The article was submitted 01.04.2025; approved after reviewing 12.05.2025; accepted for publication 09.07.2025.