



**ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА КАЧЕСТВО СЕМЯН ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ  
(*PHASEOLUS VULGARIS* L.)  
INFLUENCE OF ECO-GEOGRAPHICAL FACTORS ON COMMON BEAN  
(*PHASEOLUS VULGARIS* L.) SEED QUALITY**

**Фархад Мусаев<sup>1\*</sup>, Владимир Скорина<sup>2</sup>, Виталий Скорина<sup>2</sup>, Роман Пугачев<sup>2</sup>  
Farhad Musayev<sup>1\*</sup>, Vladimir Skorina<sup>2</sup>, Vitaliy Skorina<sup>2</sup>, Roman Pugachev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур, Федеральное агентство научных организаций – Российская Федерация

<sup>2</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» – Республика Беларусь

<sup>1</sup>All-Russian scientifically research institute of selection and seed production of vegetable cultures of Federal Agency of Scientific Organizations – Russian Federation

<sup>2</sup>Educational institution "Belarusian State Agricultural Academy" – Republic of Belarus

\*E-mail: musayev@bk.ru

### Резюме

В результате исследований выявлено, что белковые спектры сортов фасоли, репродуцированных в разных эколого-географических пунктах, по составу биотипов не являются идентичными и определена разная частота их встречаемости. Выделены уникальные сортоспецифичные маркерные белковые позиции спектра, позволяющие проводить идентификацию генетической однородности сорта при репродуцировании семян в контрастных агроклиматических условиях. Метод успешно может быть применен как для сортовой идентификации, так и при выборе зоны для семеноводства фасоли овощной.

**Ключевые слова:** биотип, качество семян, сорт, фасоль, электрофоретический спектр.

### Abstract

Protein profiles of common bean varieties reproduced in different eco-geographical regions were found to differ and the frequency of their distribution was established as a result from the present study. Unique marker protein positions were identified allowing the identification of the genetic homogeneity of the varieties during seed multiplication under contrasting agro-ecological conditions. The method can be successfully applied for both variety identification and choosing the best seed multiplication zones for the common bean.

**Key words:** biotype, common bean, electrophoresis profile, seed quality, variety.

### ВВЕДЕНИЕ

Еще давно стало известно, что климатические факторы могут оказывать заметное влияние на качество семян (Darvin, 1937; Strona, 1966; Zhegalov, 2006). Изменчивость биотипного состава и внутренней структуры сорта в конечном итоге приводит к утрате качеств, соответствующих исходному уровню. Последствие условий выращивания семян на качество семенного поколения может быть значительным и даже покрывать сортовые различия (Batigin, 1986).

Используемые в современной практике сорта фасоли, как правило, являются сортами-популяциями с довольно сложной внутренней генетической структурой, включающей несколько

биотипов, характеризующихся одинаковым фенотипическим выражением. Особенно важной является оценка внутренней генетической конституции сорта при репродуцировании семян в контрастных агроклиматических условиях.

Диагностика сортовой принадлежности семян и контроль за их качеством является важнейшей проблемой современного семеноводства (Ludilov and Alekseev, 2011). Разнокачественность семян проявляющаяся в изменении ряда морфологических признаков селекционерами и семеноводами традиционно оценивается по фенотипу растений (Dobrutskaia et al., 2006; Pivovarov et al., 2009). Однако такая оценка не всегда может дать реальное представление о сортовой чистоте семян.

Методы сортовой идентификации электрофорезом полиморфных белков семян нашли широкое применение в решении практических задач селекции и семеноводства, особенно в сортоиспытании и семенном контроле (Konarev, 1987; Konarev, 2001).

Полученные данные по структуре и изменчивости сортов фасоли, установленные методом электрофоретического анализа белков, имеют важное практическое значение. Эти сведения являются востребованными в селекции: при подборе родительских пар, при оценке стабильности и оригинальности полученных сортообразцов; а также в семеноводстве: выбор лучшей зоны для производства семян, минимально изменяющей структуру сорта при массовом размножении, контроль соответствия структуры размножаемых партий эталонным и др.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований использовались сорта фасоли овощной собственной селекции Магура, Настена, Миробела, Морена, Бажена.

Оригинальные семена этих сортов были размножены в пяти контрастно-различающихся эколого-географических условиях среды на территории Российской Федерации и Республики Беларусь (таблица 1).

Опыты были заложены и исследования проводились согласно методике проведения полевых опытов (Dospheov, 1985; Metodicheskie ukazania, 1987).

Полиморфизм запасных белков определяли методом электрофореза на полиакриламидном геле (Konarev, 2000; Konarev et al., 2000).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первичная оценка степени внутрисортного полиморфизма включала анализ отдельных генотипов фасоли, что позволило точно оценить характер и представленность белковых биотипов, характеризующих степень гетерогенности.

Прежде всего, было установлено, что белковые спектры изученных сортов фасоли и их биотипов не являются идентичными и четко различаются как по подвижности полипептидов, так и по интенсивности отдельных из них. Определена разная частота встречаемости отдельных компонентов белкового спектра среди изученного набора сортов фасоли овощной (таблица 2).

Были выделены белковые компоненты, представленные с разной частотой в суммарной выборке белковых биотипов всех проанализированных сортов фасоли. Показаны преобладающие белковые компоненты электрофоретического спектра и редко встречающиеся компоненты в изученных образцах фасоли.

К группе наиболее распространенных, видоспецифичных белковых маркерных позиций можно отнести компоненты 10, 20, 29, 55 и 100, характеризующиеся встречаемостью более 80 %. С частотой на уровне 50–80 % встречаются компоненты 12, 15, 16, 19, 22, 23, 45, 49 и 110 позиций, что также характеризует их в качестве видоспецифичных. Однако по этим компонентам выявлена четкая межсортовая и межбиотипная дифференциация, выраженная разной степенью интенсивности компонентов, что в свою очередь, обуславливает межсортовые и межбиотипные различия анализируемых сортов фасоли. Наибольший интерес для практической селекции и семеноводства представляют уникальные сор-

**Таблица 1.** Пункты репродукции сортов фасоли овощной  
**Table 1.** Places for seed multiplication of common bean varieties

Пункт Place	Расположение Position	Зона Zone
Москва Moscow	РФ, Московская область, Одинцовский район	Южно-таежная
Белгород Belgorod	РФ, Белгородская обл., Белгородский район, п. Майский	Черноземная
Ставрополь Stavropol	РФ, Ставропольский край, Кировский район	Сухостепная
Омск Omsk	РФ, Омская обл., г. Омск	Южно-лесостепная
Горки Gorki	РБ, Могилевская обл., г. Горки	Южно-таежно-лесная



тоспецифичные маркерные белковые позиции спектра, встречающиеся с частотой менее 10 %, которые позволяют проводить идентификацию однородности сорта при репродуцировании семян в контрастных агроклиматических условиях.

В целом, межбиотипная дифференциация визуально определялась в виде отсутствия отдельных компонентов белкового

спектра в сравнении биотипов одного сорта или в виде наличия дополнительного (биотип-специфичного) маркерного белкового компонента (таблица 3). Последнее выявлялось с гораздо большей частотой, что позволило четко выявить маркеры биотипов и сортов исследуемых образцов фасоли для их последующего контроля и оценки.

**Таблица 2.** Характеристика компонентного состава электрофоретических спектров 11S – глобулинов семян фасоли

**Table 2.** Characteristics of protein profiles of 11S seed globulins of common beans

Частота встречаемости компонента спектра в суммарной популяции, % Frequency of appearance of the profile components as percentage from the whole population, %	Компоненты белкового спектра Protein profile components
Менее 10 Less than 10	1, 2, 8, 35, 37, 52, 69, 71, 75, 77–79, 88, 95–98, 105, 108, 115–120
От 50 до 80 From 50 to 80	12, 15, 16, 19, 22, 23, 45, 49, 110
Более 80 Over 80	10, 20, 29, 55, 100

**Таблица 3.** Оценка критериев межбиотипной дифференциации образцов фасоли на основе применения метода электрофоретического анализа 11S-глобулинов семян  
**Table 3.** Evaluation of the criteria for inter-biotype differentiation of common bean accessions as resulting from the electrophoresis analysis of 11S seed globulins

Сорт Variety	Критерий биотипной дифференциации Criterion for biotype differentiation			
	Компонент белкового спектра Protein profile component		Наличие дополнительного компонента белкового спектра Presence of additional protein profile component	
	количество единиц number	%	количество единиц number	%
Магура Magura	7	25,0	4	14,3
Настена Nastena	4	11,8	5	14,7
Миробела Mirobela	5	15,2	10	30,3
Морена Morena	9	14,5	11	13,6
Бажена Vazhena	9	26,5	8	23,5

Для более полной оценки внутренней структуры исследуемых сортов была изучена степень полиморфности, оцениваемой через белковые биотипы, их число и частоту встречаемости (рисунок 1). Данные характеристики внутренней структуры сорта определяют генетическое качество семян (генетическую конституцию), т.е. соответствие исходному (оригинальному, эталонному) уровню и сохранение всех первичных качеств и свойств, связанных с биотипным составом.

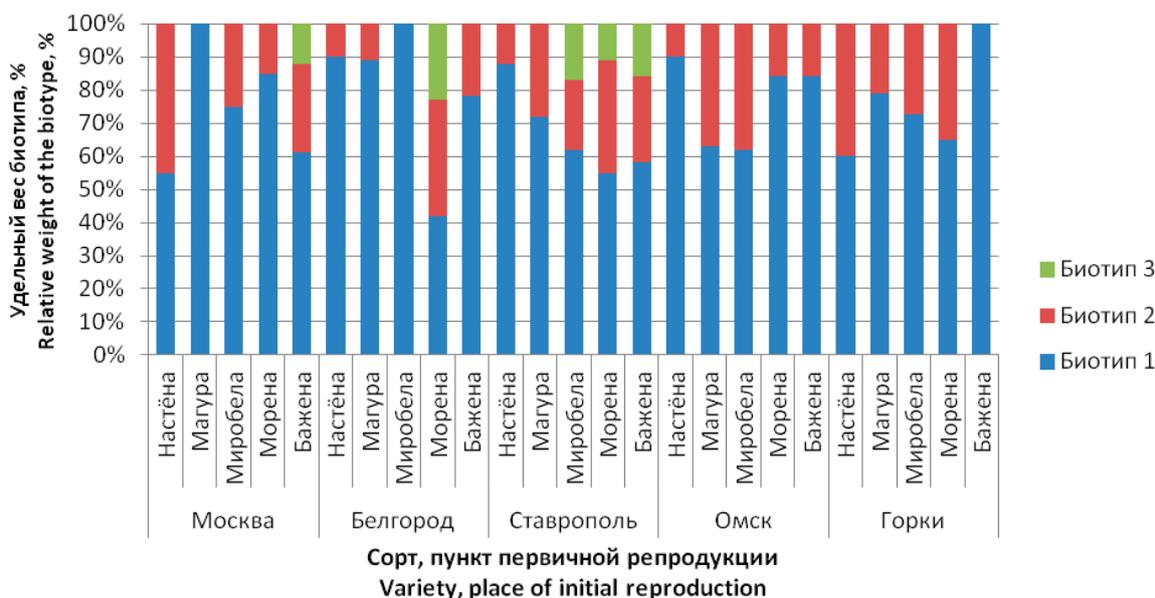
В результате оценки был выявлен уровень генетического полиморфизма сортов фасоли, имеющий неоднозначный характер, что выражено представленностью различного числа и частот встречаемости белковых биотипов, составляющих структуру конкретного сорта. В целом, весь проанализированный сортимент фасоли можно разделить на три категории в зависимости от степени их гетерогенности: сильно-, средне- и слабополиморфные сорта. Основную группу составляют среднеполиморфные сорта, характеризующиеся наличием двух биотипов в структуре сорта в средних соотношениях 1:2.

Кроме изменчивости и разнокачественности белкового спектра в сравнении сортов и биотипов между собой, в ходе исследований было установлено варьирование характера гетерогенности по отдельным сортам в разрезе регионов репродукции. Как свидетельствуют полученные ре-

зультаты, характер изменчивости полиморфности в данном случае носил неоднозначный характер – по первой группе сортов отмечена константность уровня полиморфизма вне зависимости от зон репродукции со сдвигами частот встречаемости белковых биотипов, по второй группе – резкое изменение уровня гетерогенности как реакция на условия региона репродукции.

К первой группе был отнесен сорт Настёна, характеризующийся изменчивостью основного биотипа на уровне 5–35 % и второго биотипа на уровне 2–35 % при сохранении общей картины гетерогенности.

Вторая группа сортов, как правило, характеризовалась увеличением числа белковых биотипов в условиях контрастных регионов и увеличением общей компонентной представленности белкового электрофоретического спектра. Особенно значительный сдвиг во внутренней генетической структуре был отмечен у сорта Бажена, что характеризовалось изменчивостью характера гетерогенности с уровня мономорфного типа в условиях северо-востока Беларуси (п. Горки) до уровня сильнополиморфного типа в условиях п. Москва и п. Ставрополь. В данном случае наблюдалось проявление в сортовой популяции двух белковых биотипов, имеющих резкие различия по компонентному составу белкового электрофоретического спектра.



**Рисунок 1.** Полиморфность сортов фасоли овощной в зависимости от пункта репродукции (данные 2011 г.)

**Fig. 1.** Variety polymorphisms of common beans as dependent on the place of reproduction (data from 2011)



По другим сортам данной группы была установлена изменчивость уровня полиморфности, выраженная или в виде уменьшения числа биотипов в отдельных экологических условиях репродукции (сорт Магура, репродукция – п. Москва), или в виде появления дополнительного биотипа с уменьшением частот встречаемости основных биотипов сорта (Морена, Миробела).

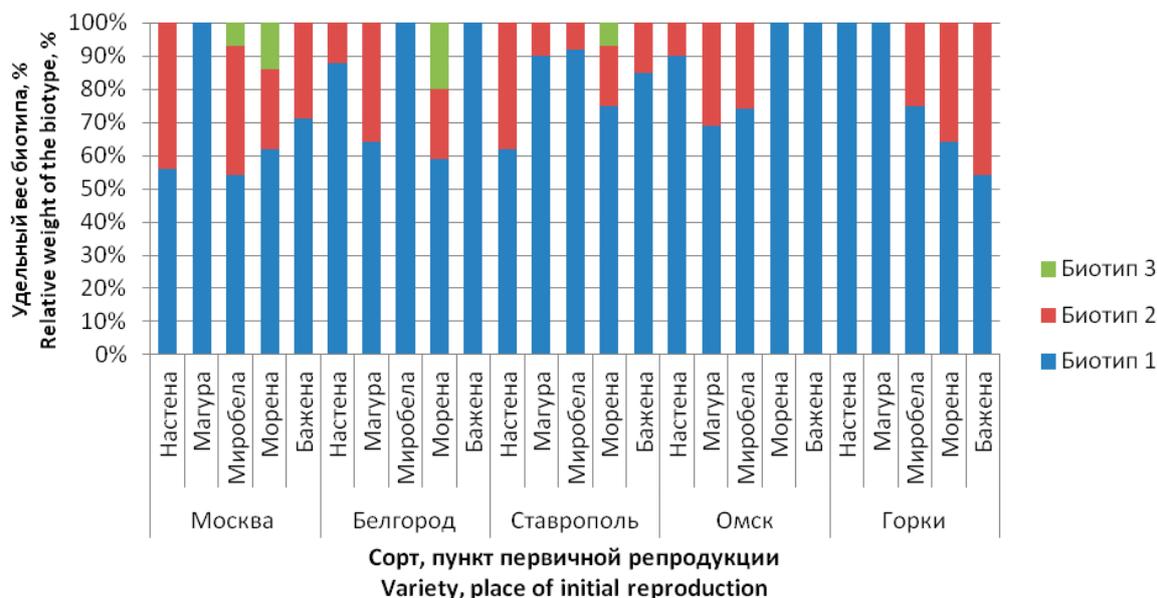
С целью более полной оценки адаптивных свойств исследуемых сортов, мониторинга генетической конституции была проведена оценка динамики характера внутренней гетерогенности в условиях зоны селекции (пункт Горки) в 2012 году путем пересева семян полученных из пяти эколого-географических пунктов в 2011 году (рисунок 2).

Выявлено, что в условиях 2012 года константных по уровню полиморфности в разрезе зон репродукции сортов не выявлено. В данном случае все сорта были отнесены ко второй группе с варьированием числа и частот встречаемости как основных, так и дополнительных биотипов. Вместе с тем установлено, что по ряду сортов характер варьирования внутренней гетерогенности имел свою особенность, в зависимости от экологической зоны репродукции. Так, у сорта Магура в двух зонах репродукции наблюдалась сохранность уровня полиморфности (п. Москва, п. Горки) при полной идентичности

генетической конституции. У сортов Миробела и Бажена в условиях трех экологических зон (п. Ставрополь, п. Горки, п. Москва) идентифицирована сохранность исходной полиморфности в сочетании с изменчивостью частот встречаемости биотипов и компонентной представленности белковых спектров.

В результате сравнительной оценки характера внутренней генетической полиморфности оцениваемых сортов фасоли в условиях двух периодов репродукции и пяти контрастных экологических зон были выявлены как сорта, характеризующиеся стабильностью внутренней генетической структуры, оцениваемой через белковые биотипы, так и сорта, проявляющие сдвиг генетической конституции в новых экологических условиях среды. Так, по сортам Настена и Магура отмечена высокая стабильность (в 90 % всех определений) в проявлении внутренней гетерогенности и в условиях разных периодов репродукции, и в условиях контрастных климатических зон.

Высокую генетическую стабильность в различных зонах репродукции показал и сорт Миробела, для которого резкий сдвиг биотипного состава отмечен только для условий п. Москва в сочетании с изменчивостью частот встречаемости всех биотипов сортовой популяции и компонентного состава отдельных биотипов.



**Рисунок 2.** Полиморфность сортов фасоли овощной в зависимости от пункта репродукции (данные 2012 г.)

**Fig. 2.** Variety polymorphisms of common beans as dependent on the place of reproduction (data from 2012)

Наибольшей вариабельностью в отношении степени полиморфности характеризовались сорта Морена и Бажена, по которым сдвиги наблюдались в 90 % всех вариантов определений. Причем если сорт Морена характеризовался изменчивостью генетической гетерогенности в разрезе регионов репродукции и константностью в рамках одного периода вегетации, то сорт Бажена проявил изменчивость внутренней структуры и по годам и по регионам.

В целом, проведенные исследования позволили оценить характер и особенность адаптивных свойств сортов фасоли овощной в условиях контрастных экологических регионов селекции, что может быть использовано, для надежной дифференциации и идентификации генотипов (биотипов) в семеноводстве. Для практической селекции и семеноводства рекомендуется проведение оценок на предмет сохранности исходной генетической структуры сорта на основе использования метода электрофоретического анализа запасных белков семян. В данном случае можно гарантировать сохранность всех ценных признаков и свойств сортов присущих оригинальной сортовой популяции, вне зависимости от условий репродукции.

### ВЫВОДЫ

1. В соответствии с зоной выращивания постоянно идет стабилизация сорта на особенности климата, почвы, технологии, что проявляется в изменчивости биотипного состава и внутренней структуры сорта.

2. Определена разная частота встречаемости отдельных компонентов белкового спектра семян сортов фасоли. Наиболее распространены видоспецифичные белковые маркерные позиции – 10, 20, 29, 55 и 100, характеризующиеся встречаемостью у 100% всех определений.

3. Для практической селекции и семеноводства наибольший интерес, представляют уникальные сортоспецифичные маркерные белковые позиции спектра, встречающиеся с частотой менее 10%, позволяющие проводить идентификацию генетической однородности сорта при репродукции семян в контрастных агроклиматических условиях.

4. Установлено варьирование характера гетерогенности по отдельным сортам в зависимости от экологической зоны репродукции.

5. В целом, генетическая полиморфность сортов при перемещении из контрастных экологических зон репродукции в зону селекции, где они созданы, (п. Горки) выравнивается.

### REFERENCES

- Batigin, N. F.*, 1986. Ontogenez visshih rasteniy. Moskva, Agropromizdat, 99 p.
- Darvin, Ch.*, 1937 (1859). Proishozhdenie vidov, Moskva.
- Dobrutskaya, E. G., F. B. Musaev, E. E. Reshetnikov*, 2006. Rol usloviy sredi v semenovodstve fasoli. Sbornik nauchnih trudov VNIIO. Moskva, 141–144.
- Dospehov, B. A.*, 1985. Metodi kapolevogo opita. Moskva. Agropromizdat, 351 p.
- Konarev, A. V.*, 2001. Adaptivniy harakter molekulyarnogo polimorfizmalego ispolzovanie v reshenii problem geneticheskikh resursov rasteniyi selektsii. Moskva, Agrarnaya Rossiya, № 3, 4–10.
- Konarev, A. V., V. G. Konarev, N. K. Gubareva, T. I. Peneva*, 2000. Belki semyan kak marker v reshenii problem geneticheskikh resursov pastenie v selektsii I semenovodstva. Tsitologiya i genetika, T. 31, № 2, 91–104.
- Konarev, V. G.*, 1987. Belkovie markeri v sortovoyi identifikatsii i registratsii kulturnih rasteniy. Sbornik nauchni htrudov po prikladnoy botanike, genetike I selektsii. Leningrad, VIR, T. 144, 3–14.
- Konarev, V. G.*, 2000. Identifikatsiya sortov i registratsiya genofonda kulturnih rasteniy po belkan semyan. Sankt-Petersburg, 186 p.
- Ludilov, V. A., Yu. B. Alekseev*, 2011. Prakticheskoe semenovodstvo ovoshnih kultur s osnovami semenovedeniya, Moskva.
- Metodicheskie ukazaniya po ekologicheskomu ispitaniyu ovoshnih kultur. 1987, Moskva, VNISSOK, chast 1.
- Pivovarov, V. F., E. G. Dobrutskaya, F. B. Musaev, V. V. Skorina*, 2009. Ekologicheskie aspekti selektsii semenovodstva ovoshnih kultur. Vestnik Poleskogogos Universiteta. Pinsk, № 1, 31–33.
- Stronal, G.*, 1966. Obshee semenovedenie polevih kultur, Moskva, 464 p.
- Zhegalov, S. I.*, 2006. Vvedenie v selectsiyu selskohozyaystvennih rasteniy, Moskva, 320 p.