

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-40-46>
УДК 635.652.1:631.526.32:001.8

Е.В. Панкратская, В.В. Скорина*

УО «Белорусская государственная Орден
Октябрьской Революции и Трудового Красного
Знамени сельскохозяйственная академия»
213410, Беларусь, Могилевская обл.,
г. Горки, ул. Мичурина, 5

*Автор для переписки: skorina@list.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в
написании статьи, прочитали и согласились с
опубликованной версией рукописи.

Для цитирования: Панкратская Е.В.,
Скорина В.В. Использование электрофорети-
ческого анализа для определения полиморф-
ности сортов фасоли овощной. *Овощи России*.
2023;(6):40-46. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-40-46>

Поступила в редакцию: 02.06.2023

Принята к печати: 21.09.2023

Опубликована: 04.12. 2023

Evgenia V. Pankrutskaya, Vladimir V. Skorina*

Belarusian State Agricultural Academy
5, st. Michurina, Gorki, Mogilev region,
213410, Belarus

*Corresponding Author: skorina@list.ru

Conflict of interest. The authors declare that there
are no conflicts of interest.

Authors' Contribution: All authors participated in
the analysis of materials, writing the text of the
article and forming conclusions.

For citation: Pankrutskaya E.V., Skorina V.V.
The use of electrophoretic analysis to determine
the polymorphism of vegetable bean varieties.
Vegetable crops of Russia. 2023;(6):40-46. (In
Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-40-46>

Received: 25.09.2023

Accepted for publication: 09.10.2023

Published: 04.12. 2023

Использование электрофоретического анализа для определения полиморфности сортов фасоли овощной

Резюме

Актуальность. В Беларуси ранее не проводилось полноценных исследований по идентификации видового разнообразия, выявления форм фасоли овощной, обладающих сходным генетическим разнообразием. Цель исследований – определение числа и соотношения биотипов, выявление уровня генетического полиморфизма у сортов фасоли овощной методом электрофореза запасных белков.

Материалы и методика. Исследования проводили в УО БГСХА в 2021–2022 годах на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Опыт заложен с использованием общепринятых методик и методических указаний. Объектами исследований являлись 42 сорта фасоли овощной (34 – кустовая форма) и (8 – вьющаяся) белорусской и российской селекции. Анализ запасных белков семян у сортов фасоли овощной и идентификация спектров осуществлялись по методикам. Для оценки дифференцирующих позиций (зон) спектра, идентификации белковых компонентов, оценки молекулярных масс белков использовались стандартные маркер-растворы белков «Thermo Scientific» – Unstained Protein Ladder (диапазон 5–112 кДа, число идентифицируемых белков – 11).

Результаты. Выявлены отличия между генотипами между собой по внутреннему генетическому разнообразию и элементам белкового спектра глобулинов. Установлено, что сорта фасоли овощной характеризуются скрытой генетической изменчивостью и определенным уровнем полиморфности с различным количеством биотипов в структуре сортовой популяции. У 60% проанализированных форм наблюдается прямая зависимость между проявлением редких, селекционно-значимых компонентов и степенью усложнения суммарного компонентного состава белкового спектра. Данный критерий имеет практическое значение и может быть использован в селекционной работе с культурой фасоли овощной.

Ключевые слова: фасоль овощная, электрофорез, биотип, запасные белки, белковый компонент



The use of electrophoretic analysis to determine the polymorphism of vegetable bean varieties

Abstract

Relevance. In Belarus, no full-fledged studies have previously been carried out to identify species diversity, to identify forms of vegetable beans that have similar genetic diversity. The purpose of the research is to determine the number and ratio of biotypes, to identify the level of genetic polymorphism in vegetable bean varieties by electrophoresis of storage proteins.

Materials and Methods. The research was carried out at the BSAA in 2021–2022 on soddy-podzolic medium loamy soil. The experience was based on generally accepted methods and guidelines. The objects of research were 42 varieties of vegetable beans (34 - bush form) and (8 - climbing) of Belarusian and Russian selection. Analysis of seed storage proteins in vegetable bean varieties and identification of spectra were carried out according to the methods. To assess the differentiating positions (zones) of the spectrum, identify protein components, and estimate the molecular masses of proteins, standard marker solutions of proteins “Thermo Scientific” – Unstained Protein Ladder (range 5–112 kDa, number of identified proteins – 11) were used.

Results. Differences between genotypes were revealed in internal genetic diversity and elements of the protein spectrum of globulins. It has been established that vegetable bean varieties are characterized by hidden genetic variability and a certain level of polymorphism with a different number of biotypes in the structure of the varietal population. In 60% of the analyzed forms, there is a direct relationship between the manifestation of rare, selection-significant components and the degree of complexity of the total component composition of the protein spectrum. This criterion has practical significance and can be used in breeding work with the vegetable bean crop.

Keywords: vegetable beans, electrophoresis, biotype, storage proteins, protein component

Введение

Зернобобовые культуры, имея огромный потенциал продуктивности, доступнее и дешевле, являются полноценными источниками растительного белка, способного накапливаться в больших количествах в семенах и зеленой массе. Важное место занимает фасоль овощная [1, 2].

В настоящее время используемые сорта фасоли овощной, как правило, являются сортами-популяциями с довольно сложной внутренней генетической структурой, включающей несколько биотипов, характеризующихся одинаковым фенотипическим выражением.

В процессе создания сорта проводится отбор биотипов со сходной нормой реакции в условиях определенного региона, где был выведен сорт. При переносе сорта в другой регион, с сильно отличающимся комплексом экологических условий, сортовая популяция приобретает определенные изменения [3, 4, 5, 6].

Наличие и соотношение биотипов сорта обусловлено конкретно реализацией генетической природы сорта в определенном ареале возделывания. Варьирование в соотношении биотипов может распространяться и на типичный, что сопряжено с переориентацией сортовых формул [4, 8].

Даже у районированного сорта существует определенная доля риска, когда под воздействием новых различных факторов (например, погодных условий) определенные ценные биотипы сорта могут исчезать. Многолетние исследования ряда ученых показали, что в процессе репродуцирования сорт теряет отдельные биотипы, а при 30-летнем использовании приобретает такой биотипный состав, в котором сложно отыскать исходный [10, 11].

Оценка внутренней генетической конституции сорта является особенно важной при репродуцировании семян в контрастных агроклиматических условиях. Проявляющаяся в изменении ряда морфологических признаков разнокачественность семян традиционно оценивается по фенотипу растений. Вместе с тем, не всегда оценка и контроль, основанные на анализе визуальных фенотипических признаков растений, может дать объективный результат в отношении действительной внутренней разнокачественности, проявляемой на уровне разной генетической конституции и представленности биотипов сорта. В большей степени именно этим определяется необходимость и интерес к изучению внутрисортного полиморфизма и ценности биотипов сортов фасоли на основе использования стандартизированных методов контроля внутренней изменчивости сортовой популяции наиболее приближенных к уровню генотипа [11, 12].

Применение метода электрофореза белков позволяет выявить структуру сорта – количество биотипов, его составляющих, и их процентное соотношение; проследить изменения, влияющие на число и соотношение биотипов при выращивании в разных зонах; выявить факторы, направленные на закрепление и преобладающее воспроизведение отдельных биотипов.

Цель исследований – определение числа и соотношения биотипов, выявление уровня генетического полиморфизма у сортов фасоли овощной методом электрофореза запасных белков.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на опытном поле кафедры плодовоовощеводства УО БГСХА в 2021–2022 гг. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Опыт заложен в трехкратной повторности с использованием общепринятых методик и методических указаний [12, 13].

Объектами исследований являлись 42 сорта фасоли овощной (34 – кустовая) и (8 – вьющаяся форма) белорусской и российской селекции.

Анализ запасных белков семян у сортов фасоли овощной и идентификация спектров осуществлялись по методикам «Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян». Санкт-Петербург, 2000 г. Раздел 3.1. «Идентификация и регистрация сортов бобовых электрофорезом запасных белков»; «Международные правила контроля качества семян. 1996». ISTA, Цюрих, Швейцария, 1996 г.

Для оценки дифференцирующих позиций (зон) спектра, идентификации белковых компонентов, оценки молекулярных масс белков использовались стандартные маркер-растворы белков «Thermo Scientific»-Unstained Protein Ladder (диапазон 5–112 кДа, число идентифицируемых белков – 11) [15, 16, 17].

Результаты и их обсуждение

Оценка степени внутрисортного полиморфизма, включала анализ отдельных генотипов фасоли в количестве 100 штук каждого сорта, что позволило точно оценить характер и представленность белковых биотипов, характеризующих степень гетерогенности.

По результатам проведенных испытаний было установлено, что белковые спектры исследуемых образцов фасоли и их биотипов не являются однородными. Белковые спектры глобулинов семян отличались как по местоположению полипептидов (показателю относительной электрофоретической подвижности Rf) в спектре белка, так и по интенсивности отдельных из них.

Результаты проведенных исследований позволили выявить отличия генотипов фасоли между собой по целому ряду показателей внутреннего генетического разнообразия, выявляемого на основе оценки элементов белкового спектра глобулинов. Прежде всего, это относится к различиям сортов по общему числу белковых компонентов спектра, что является фактором оценки полноты формирования белкового комплекса семян в условиях репродуцирования.

В данном случае, диапазон варьирования компонентной представленности белкового спектра глобулинов, составлял от 24 до 35 белковых компонентов, причем у 78 % форм этот показатель свидетельствует о сформировавшемся полноценном белковом комплексе семени.

Другим фактором, обуславливающим наличие генетического разнообразия генотипов фасоли, явились отличия в параметрах дифференцирующих элементов спектра белка, включая различия по идентифицированным зонам подвижности белковых компонентов, являющихся молекулярно-биохимическими маркерами сортов.

Для оценки уровня межсортового и внутрисортowego полиморфизма были выявлены биотипы, составляющие структуру сорта, и определены частоты их встречаемости. Данная работа проводилась параллельно с идентификацией сортоспецифичных, информативных позиций компонентов белкового спектра и проведением оценки компонентного состава сорта.

Характер представленности типов спектра характеризовался: во-первых, разным числом идентифицированных биотипов в структуре сорта, во-вторых, разной частотой встречаемости в совокупной сортовой популяции. В разрезе числа идентифицированных биотипов, все сорта разделили на мономорфные

(содержащие один биотип) и полиморфные (представленные несколькими биотипами).

Из представленных результатов (репродукция 2021 года) 64,2 % проанализированных генотипов фасоли (табл. 1) характеризуются наличием в своей структуре двух биотипов в разном количественном соотношении и компонентной представленности. Более значимые частоты встречаемости определены для первого биотипа, размах изменчивости которых составляет 55,0–85,0 %. Аналогичный результат проявляется и в отношении суммарного компонентного состава первых биотипов. В данном случае размах изменчивости находится в пределах 21–34 компонентов в составе белкового спектра. Монотипными гено-

Таблица 1. Критерии внутрисортовой дифференциации образцов овощной фасоли (репродукция 2021 г.)
Table 1. Criteria for intra-variety differentiation of vegetable bean samples (reproduction 2021)

№ п.п.	Сорт	Число компонентов по критериям, ед.		Идентифицированные биотипы популяции	
		уникальные	маркеры биотипов	количество, ед.	частота встречаемости в выборке (основной/неосновной биотипы),
1	Омская Юбилейная	2	3	2	85/15
2	Рант	1	3	2	65/35
3	Магура	1	4	1	100
4	Фантазия	2	2	1	100
5	Креолка	2	3	2	90/10
6	Октава	1	3	2	80/20
7	Памяти Рыжовой	2	3	1	100
8	Физкультурница	2	4	2	75/25
9	Чыжовенка	2	4	2	78/22
10	Лукерья	1	3	2	69/31
11	Сибирячка	2	5	2	70/30
12	Си Бемоль	-	3	2	84/16
13	Оливковая	1	4	2	75/25
14	Нота	-	4	2	84/16
15	Секунда	2	3	3	65/26/9
16	Лика	1	4	2	78/22
17	Красная шапочка	2	3	2	89/11
18	Маруся	3	2	1	100
19	Иришка	3	2	2	80/20
20	Золото Сибири	1	3	2	90/10
21	Маришка	2	3	2	74/26
22	Аришка	2	1	2	85/25
23	Золушка	3	3	3	70/20/10
24	Светлячок	1	2	1	100
25	Омичка	3	2	1	100
26	Зничка	2	3	2	85/25
27	Морена	2	3	1	100
28	Бажена	1	4	2	88/12
29	Зинуля	-	4	2	90/10
30	U2015 (Мирин)	-	3	2	72/28
31	Сакфит	2	2	1	100
32	Настена	1	2	2	84/16
33	Московская белая зеленостручная 556	2	1	1	100
34	Пагода	3	3	2	85/15
35	Дубровенская	2	2	1	100
36	Афина	2	3	2	80/20
37	Волга-Матушка	2	2	2	66/34
38	Мавританка	3	3	1	100
39	Водопад	2	4	2	74/26
40	Герда	-	4	1	100
41	Мамоли	2	2	1	100
42	Антошка	-	4	2	75/25

Таблица 2. Критерии внутрисортной дифференциации образцов овощной фасоли (репродукция 2022 г.)
Table 2. Criteria for intra-variety differentiation of vegetable bean samples (reproduction 2022)

№ п.п.	Образец	Число компонентов по критериям, ед.		Идентифицированные биотипы популяции	
		уникальные	маркеры биотипов	количество, ед.	частота встречаемости в выборке (основной/неосновной биотипы), %
1	Омская Юбилейная	1	2	1	100
2	Рант	1	1	2	75/25
3	Магура	1	2	2	80/20
4	Фантазия	3	2	1	100
5	Креолка	2	2	-	100
6	Октава	1	3	2	70/30
7	Памяти Рыжовой	3	3	1	100
8	Физкультурница	2	1	2	85/15
9	Чыжовенка	1	4	1	100
10	Лукерья	1	3	2	75/25
11	Сибирячка	2	2	2	60/40
12	Си Бемоль	2	3	2	85/15
13	Оливковая	2	2	2	79/21
14	Нота	1	1	2	68/32
15	Секунда	2	3	3	75/25
16	Лица	1	2	1	100
17	Красная шапочка	2	3	2	78/22
18	Маруся	2	2	1	100
19	Иришка	3	2	2	85/15
20	Золото Сибири	1	2	2	82/18
21	Маришка	2	3	2	68/32
22	Аришка	2	1	2	74/26
23	Золушка	3	1	2	75/25
24	Светлячок	-	2	1	100
25	Омичка	3	2	1	100
26	Зничка	-	1	1	100
27	Морена	2	3	1	100
28	Бажена	1	2	2	82/18
29	Зинуля	1	2	2	81/19
30	U2015 (Мирин)	-	1	2	61/39
31	Сакфит	2	2	1	100
32	Настена	1	2	2	80/20
33	Московская белая зеленостручная 556	2	1	1	100
34	Пагода	2	3	2	80/20
35	Дубровенская	2	2	1	100
36	Афина	2	2	2	80/20
37	Волга-Матушка	2	2	2	60/40
38	Мавританка	2	3	1	100
39	Водопад	2	1	2	61/39
40	Герда	1	1	1	100
41	Мамоли	2	2	1	100
42	Антошка	1	1	2	64/36

типами, состоящими из одного белкового биотипа, являлись 30,9 % проанализированных форм.

Идентифицировано 4,8 % генотипов, имеющих высокий уровень внутренней гетерогенности, включающей 3 биотипа.

Из представленных результатов в таблице 2 (репродукция 2022 года) 56,0% проанализированных генотипов фасоли характеризуются наличием в своей структуре двух биотипов в разном количественном соотношении и компонентной представленности, что свидетельствует об их средней степени полиморфности. Причем, частота встречаемости основных биотипов составляла от 60 до 80% в суммарной выборке семян. Частоты вторых (неосновных) биотипов колебались от 15 до 40% в выборке).

Монотипными генотипами, состоящими из одного белкового биотипа, являлись 40,0% проанализированных форм.

Идентифицировано 4,7% генотипов, имеющих высокий уровень внутренней гетерогенности, включающей 3 биотипа.

Межсортная дифференциация сортов обусловлена двумя критериями, имеющими различный вклад в формирование общих межсортных отличий анализируемого набора генотипов. Наибольший интерес представляет группа белковых компонентов, характеризующихся как уникальные, имеющие единичную представленность по определенным генотипам. Как правило, данные компоненты имеют четкие отличительные характеристики – величины относительной под-

вижности, степени интенсивности, благодаря чему могут быть использованы в качестве сортовых маркеров. В среднем, частоты проявления маркерных сортовых компонентов находились в диапазоне от 6,0 до 14%, что характеризовалось наличием четких сортовых маркеров в количествах от 5 до 11.

У 60% проанализированных форм и биотипов, наблюдается прямая зависимость между проявлением редких, селекционно-значимых компонентов и степенью усложнения суммарного компонентного

состава белкового спектра. Данный критерий имеет практическое значение и может быть использован в области селекционной работы с культурой фасоли овощной.

Сопоставляя компонентную представленность (число компонентов) одного и того же сорта (биотипа) в разрезе различных зон репродуктивного, можно с уверенностью прогнозировать его реакцию на условия среды в отношении формирования полноценного белкового комплекса, и следовательно,

Таблица 3. Критерии изменчивости внутрисортного полиморфизма (на основе биохимических маркеров семян)
Table 3. Criteria for variability of intra-variety polymorphism (based on biochemical markers of seeds)

№ п.п.	Образец	Число биотипов популяции		Частота основного биотипа в выборке (100 семян)		Сдвиг частот биотипов популяции (2021–2022 годы), %
		2021 год	2022 год	2021 год	2022 год	
1	Омская Юбилейная	2	1	85	100	15
2	Рант	2	2	65	75	10
3	Магура	1	2	100	80	-20
4	Фантазия	1	1	100	100	0
5	Креолка	2	1	90	100	10
6	Октава	2	2	80	70	-10
7	Памяти Рыжовой	1	1	100	100	0
8	Физкультурница	2	2	75	85	10
9	Чыжовенка	2	1	78	100	22
10	Лукерья	2	2	69	75	6
11	Сибирячка	2	2	70	60	-10
12	Си Бемоль	2	2	84	85	1
13	Оливковая	2	2	75	79	4
14	Нота	2	2	84	68	-16
15	Секунда	3	2	65	75	10
16	Лица	2	1	78	100	22
17	Красная шапочка	2	2	89	78	-11
18	Маруся	1	1	100	100	0
19	Иришка	2	2	80	85	5
20	Золото Сибири	2	2	90	82	-8
21	Маришка	2	2	74	68	-6
22	Аришка	2	2	85	74	-11
23	Золушка	3	2	70	75	5
24	Светлячок	1	1	100	100	0
25	Омичка	1	1	100	100	0
26	Зничка	2	1	85	100	15
27	Морена	1	1	100	100	0
28	Бажена	2	2	88	82	-6
29	Зинуля	2	2	90	81	-9
30	U2015 (Мирин)	2	2	72	61	-11
31	Сакфит	1	1	100	100	0
32	Настена	2	2	84	80	-4
33	Московская белая зеленостручная 556	1	1	100	100	0
34	Пагода	2	2	85	80	-5
35	Дубровенская	1	1	100	100	0
36	Афина	2	2	80	80	0
37	Волга-Матушка	2	2	66	60	-6
38	Мавританка	1	1	100	100	0
39	Водопад	2	2	74	61	-13
40	Герда	1	1	100	100	0
41	Мамоли	1	1	100	100	0
42	Антошка	2	2	75	64	-11

проявления взаимосвязанных с этим комплексом хозяйственных признаков.

Для полной оценки внутренней структуры исследуемых сортов фасоли овощной была изучена степень полиморфности, оцениваемой через белковые биотипы, их число и частоту встречаемости. 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.

Для оценки степени динамики и сдвигов внутрисортowego полиморфизма генотипов фасоли, числа и частот встречаемости биотипов, было проведено сравнение параметров внутренней структуры, выявляемой на основе молекулярно-биохимических маркеров семян в разрезе двух периодов репродукции (2021–2022 годы).

В результате исследований (табл. 3) выявлено, что у 19% генотипов, произошло изменение уровня гетерогенности, что зафиксировано в виде изменения общего числа популяции, в разрезе периодов репродукции. Идентифицированные сдвиги носят разнородный характер, в виде появления новых типов или элиминации ранее идентифицированных биотипов.

Константный уровень внутренней полиморфности был установлен у 81% проанализированных генотипов, сохраняющих свой изначальный уровень в отношении числа идентифицированных биотипов популяции. Кроме определенной в ходе исследований особенности генотипов фасоли к изменению уровня гетерогенности, дополнительно были оценены характер и направленность изменений, обусловленных сдвигами частот встречаемости (в особенности – основных биотипов популяции) биотипов.

Установлено, что у 80% генотипов, сдвиг числа биотипов происходил в сторону увеличения частот встречаемости основного биотипа в пределах 1–15%. Внутренняя структура генотипов фасоли показала довольно высокую степень константности внутренней генетической структуры и устойчивости к разным условиям репродукции. Изменения внутренней структуры генотипов свидетельствуют о разной адаптационной способности и ценности биотипов, установленных методом биохимического маркирования.

Заключение

Выявлены отличия генотипов фасоли овощной между собой по целому ряду показателей внутреннего генетического разнообразия на основе оценки элементов белкового спектра глобулинов. Прежде всего, это относится к различиям сортов по общему числу белковых компонентов спектра, что является фактором оценки полноты формирования белкового комплекса семян в условиях репродукции. Диапазон варьирования компонентной представленности белкового спектра глобулинов составил от 26 до 35 белковых компонентов, причем у 70% форм этот показатель свидетельствует о сформировавшемся полноценном белковом комплексе семени.

По результатам исследований определена разная частота встречаемости отдельных компонентов белкового спектра сортов фасоли овощной. Были выделены белковые компоненты, представленные с разной частотой в суммарной выборке белковых биотипов всех проанализированных сортов фасоли овощной.

Различия в белковом спектре сортов фасоли овощной свидетельствуют о неоднозначности уровня дифференцирующих позиций, что определяется совокупностью факторов, обуславливающих, в том числе, конкретный биотипный состав, сформировавшийся в условиях репродукции генотипа. Для ряда образцов, степень популятивности может являться отражением специфики пути их создания и генетической основы. Кроме этого, выявленные различия по компонентному составу спектра глобулинов, отражают связь компонентного состава по белковым фракциям с показателями качества, неоднозначно проявляемыми по анализируемым сортам. Были идентифицированы редкие, обладающие наибольшей информативностью позиции компонентов, которые являются ценными в селекционном плане, так как могут быть использованы в качестве доноров сочетаний ценных признаков и свойств.

Проведенные исследования позволили оценить характер и особенность адаптивных свойств сортов овощной фасоли в условиях конкретной экологической зоны, что может быть использовано для надежной дифференциации и идентификации генотипов (биотипов) в ходе семеноводства, а также для надежной фиксации изменений, происходящих в генотипическом составе семенных репродукций в различных условиях окружающей среды. Благодаря адаптивному характеру молекулярного полиморфизма запасных белков семян фасоли овощной, возможность оценки скрытой изменчивости форм может быть использована для анализа «агроэкологической адресности» селекционных программ и форм.

Установлено, что степень полиморфности генотипов не является величиной постоянной и может колебаться по периодам. Это может быть связано с реакцией генотипа на условия репродукции или являться следствием адаптации генотипа к условиям среды.

Проанализированный сортимент фасоли овощной можно разделить на три категории в зависимости от степени их гетерогенности: высоко-, средне- и низкополиморфные сорта. Основную группу составили среднеполиморфные сорта, характеризующиеся наличием двух биотипов в структуре сорта. К группе низкополиморфных отнесены образцы 12 сортов, характеризующиеся высокой степенью выравниваемости и присутствием одного белкового биотипа. К группе высокополиморфных сортов отнесены два сорта Секунда и Золушка.

По результатам оценки внутренней структуры генотипов фасоли овощной и их биотипов были сформированы сортовые формулы (биохимические паспорта), представляющие собой комплекс идентификационных признаков, способных к генетической интерпретации на основе белковых спектров глобулинов семян. Каждому сорту фасоли овощной соответ-

ствуют свои собственные, характерные только для него электрофоретические спектры белков с присутствием им комплексом идентификационных и оценочных критериев – их «отпечатки пальцев», что связано с адаптивным характером полиморфизма маркерных белков. Основные базовые элементы, маркирующие сорт, – биотипы, являются константными по базовым

критериям: числу компонентов белка, относительной подвижности, степени интенсивности сортовых маркеров. Это позволяет использовать сформированные биохимические паспорта в качестве дополнительного и надежного критерия оценки подлинности, патентоспособности и охраны новых и ценных генотипов растений.

• Литература (In Russ.)

1. Зыкин В.А., Мешков В.В., Сапег В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. рекомендации. Новосибирск: Сиб. Отд-е ВАСХНИЛ, 1984. 24 с.
2. Казыдуб Н.Г. Селекция фасоли овощной в южной лесостепи Западной Сибири/ Н.Г. Казыдуб, С.Ю. Пучкова, Т.В. Рассказова// Вестник Омского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (10). С. 9-13.
3. Аbugалиева А.И. Компоненты глиаина и субъединицы глютеина в селекции пшеницы на качество зерна: автореф. дис. докт. наук. Алматы, 1994. 52 с.
4. Петрова Н.Н., Егоров С.В., Акулич М.П. Изменчивость волжских сортов и линий по электрофоретическому спектру глиаина в условиях северо-востока Беларуси. *Вестник БГСХА*. 2008;(2):49-54.
5. Синская Е.Н. Проблема популяций у высших растений. Труды, вып.1. Л., 1961. С. 54-46
6. Надилов Б.Т. Соотношение глиадиновых биотипов озимой пшеницы в зависимости от условий выращивания. *Вестн. С.-х. науки Казахстана*. 1985;(1):31-33.
7. Олиференко С.В. Внутрисортная изменчивость качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы мирновской селекции и полиморфизм их глиаина. В кн. «Селекция. Защита растений и агротехника пшеницы, ячменя и тритикале. Киев, 1985. С.63-68.
8. Молекулярно-биологические аспекты прикладной ботаники, генетики и селекции. Теоретические основы селекции. Том I.(под ред. В.Г. Конарева) М.: Колос, 1993. 447 с.
9. Колючий В.Т. Электрофоретический анализ биотипного состава пшеницы на начальном этапе изменения яровых зерновых культур. *Селекция, семеноводство и агротехника зерновых культур*. 1983. С. 71-74.
10. Неттевич Э.Д., Беркутова Н.С., Погорелова Л.Г. Метод электрофореза при изучении внутрисортной изменчивости качества пшеницы. *Селекция и семеноводство*. Неттевич. 1983;(1):8-10.
11. Мусаев Ф.Б., Мирошникова М.П., Решетников Е.Е. Изменчивость количественных признаков фасоли. *Доклады ТСХА*. М., 2006.
12. Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г., Мусаев Ф.Б., Скорина В.В. Экологические аспекты селекции и семеноводства овощных культур. *Вестник Полесского госуниверситета*. 2009; (1):31-36.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1990. – 351 с.
14. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 648 с.
15. Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян – Санкт-Петербург, 2000 г. Раздел 3.1. «Идентификация и регистрация сортов бобовых электрофорезом запасных белков».
16. Международные правила контроля качества семян. 1996. ISTA, Цюрих, Швейцария, 1996 г. Раздел 8.6.A.4. Стандартный эталонный метод верификации видов гороха (*Pisum*) и райграса (*Lolium*) посредством метода электрофореза в полиакриламидном геле (PAGE). Стандартный эталонный метод верификации видов гороха (*Pisum*) и райграса (*Lolium*) посредством метода электрофореза в полиакриламидном геле (PAGE). // Международные правила контроля качества семян. ISTA, Цюрих, Швейцария, 1996 г.
17. Егоров С.В. Семена бобовых. Определение сортовой принадлежности, сортовой чистоты и генетического качества методом электрофоретического анализа запасных белков. Горки, 2016. 23 с.

• References

1. Zykin V.A., Meshkov V.V., Sapega V.A. Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: method.recommendations. Novosibirsk: Sib. Otd-e VASHNIL, 1984. 24 p.
2. Kazydub N. G. Selection OF vegetable beans in the southern forest-steppe of Western Siberia / N. G. Kazydub, S. U. Puchkova, T. V. Rasskazova // Bulletin of the Omsk State Agrarian University. 2013 № 2 (10). C. 9-13.
3. Abugaliev A.I. Components of gliadin and glutenin subunits in wheat breeding for grain quality: abstract of the dissertation of the Doctor of Sciences. Almaty, 1994. 52 p.
4. Petrova N.N., Egorov S.V., Akulich M.P. Variability of Volga varieties and lines according to the electrophoretic spectrum of gliadin in the conditions of the north-east of Belarus. *Bulletin of the BGHA*. 2008;(2):49-54.
5. Sinskaya E.N. The problem of populations in higher plants. Proceedings, issue 1. L., 1961. pp. 54-46.
6. Nadirov B.T. The ratio of gliadin biotypes of winter wheat depending on growing conditions. *Vestn. S.-H. sciences of Kazakhstan*. 1985;(1):31-33.
7. Olfierenko S.V. Intra-grade variability of grain quality of winter soft wheat varieties of Mironovskaya selection and polymorphism of their gliadin. In the book. "Selection. Plant protection and agrotechnics of wheat, barley and triticale. Kiev, 1985. pp.63-68.
8. Molecular biological aspects of applied botany, genetics and breeding. Theoretical foundations of breeding. Volume I.(edited by V.G. Konarev) M.: Kolos, 1993. 447 p.
9. Prickly V.T. Electrophoretic analysis of the biotypic composition of wheat at the initial stage of changes in spring grain crops. *Breeding, seed production and agrotechnics of grain crops*. 1983. pp. 71-74.
10. Nettevich E.D., Berkutova N.S., Pogorelova L.G. Method of electrophoresis in the study of intra-variety variability of wheat quality. *Breeding and seed production*. Nettevich. 1983;(1):8-10.
11. Musaev F.B., Miroshnikova M.P., Reshetnikov E.E. Variability of quantitative characteristics of beans. *Reports of the TLC*. M., 2006.
12. Pivovarov V.F., Dobrutskaia E.G., Musaev F.B., Skorina V.V. Ecological aspects of breeding and seed production of vegetable crops. *Bulletin of the Polesky State University*. 2009;(1):31-36.
13. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. M: Agropromizdat, 1985. 351s.
14. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. Moscow: GNU All-Russian Research Institute of Vegetable Growing, 2011. 648 p.
15. Identification of varieties and registration of the gene pool of cultivated plants by seed proteins – St. Petersburg, 2000 Section 3.1. "Identification and registration of legume varieties by electrophoresis of spare proteins".
16. International Seed Quality Control Regulations. 1996. ISTA, Zurich, Switzerland, 1996. Section 8.6.A.4. Standard Reference Method for Verification of Pea (*Pisum*) and Ryegrass (*Lolium*) species by polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE). Standard reference method for verification of Pea (*Pisum*) and Ryegrass (*Lolium*) species by polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE). // International Seed Quality Control Regulations. ISTA, Zurich, Switzerland, 1996.
17. Egorov S.V. Legume seeds. Determination of varietal affiliation, varietal purity and genetic quality by electrophoretic analysis of spare proteins in Gorki, 2016. 23 p.

Об авторах:

Владимир Владимирович Скорина – доктор с.-х. наук, профессор кафедры плодовоовощеводства, автор для переписки, skorina@list.ru
Евгения Васильевна Панкратская – аспирант кафедры плодовоовощеводства

About the Authors:

Vladimir V. Skorina – Doc. Sci. (Agriculture), Professor of the Department of Horticulture, Correspondence Author, skorina@list.ru
Evgenia V. Pankrutskaia – postgraduate student of the Department of Horticulture