

**Анна Валерьевна Любимова**

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра СО РАН, научный сотрудник лаборатории селекции зернофуражных культур, кандидат биологических наук, Россия, Тюменская обл., Тюменский р-н, пос. Московский  
E-mail: ostapenkoav88@yandex.ru

**Мария Николаевна Фомина**

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра СО РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции зернофуражных культур, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Тюменская обл., Тюменский р-н, пос. Московский  
E-mail: gnu\_niicx@mail.ru

**Галина Васильевна Тоболова**

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, доцент кафедры биотехнологии и селекции в растениеводстве, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Россия, Тюмень  
E-mail: tgv60@mail.ru

**Дмитрий Иванович Еремин**

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук, доцент, Россия, Тюмень  
E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭЛЕКТРОФОРЕЗА ПРОЛАМИНОВ В ПЕРВИЧНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ ОВСА ПОСЕВНОГО**

*При внедрении нового сорта в производство особую важность имеет эффективное семеноводство, позволяющее в полной мере раскрыть его потенциал. Помимо общепринятых методов первичного семеноводства – полевой апробации и грунтового сортового контроля – все более широкое распространение получают методы молекулярного и биохимического маркирования, в том числе метод электрофореза запасных спирторастворимых белков – проламинов. Цель исследований – оценить эффективность регулярного использования метода электрофореза проламинов в первичном семеноводстве овса посевного. Материалом для исследования послужили семьи овса сорта Отрада. Анализы проводили с 2014 по 2018 г. В результате анализа запасных белков семей сорта Отрада в 2014 г. было выявлено 35 различных типов спектра авенина. Основу сорта составляют семьи с I и II биотипами, которые были оставлены для дальнейшего размножения. Содержание сортовой примеси в анализируемом материале изменялось с течением времени. В 2014 г. к примеси было отнесено 24,19 % семей, а в 2018 – 6,18 % семей I биотипа и 2,63 % семей II биотипа. Общее количество типов спектра авенина, отличающихся от основных биотипов сорта Отрада, сократилось с 33 в 2014 г. до 2 и 0 для I и II биотипов в 2018 г. соответственно. Количество семей, гетерозиготных по компонентному составу авенина, снизилось с 15,55 % в 2014 г. до 6,18 и 2,11 % для I и II биотипов в 2018 г. соответственно. Сортовая примесь, обнаруженная в ходе электрофоретического анализа запасных белков семей сорта Отрада, является биологической и возникает в результате расщеплений остаточных гетерозигот. Установлено, что при регулярном использовании метод электрофореза позволяет своевременно удалять сортовую примесь и значительно повышает качество ведения первичного семеноводства сорта.*

**Ключевые слова:** овес посевной, *Avena sativa* L., авенин-кодирующие локусы, проламин, электрофорез, электрофоретический спектр, первичное семеноводство, биотипный состав сорта.

**Anna V. Lyubimova**

Northern Trans-Urals Research and Development Institute of Agriculture – Branch of Federal Research Center of Tyumen Research Center SB RAS, staff scientist of the laboratory of seed and forage crops selection, candidate of biological sciences, Russia, Tyumen Region, Tyumen area, s. Moskovsky  
E-mail: ostapenkoav88@yandex.ru

**Maria N. Fomina**

Northern Trans-Urals Research and Development Institute of Agriculture – Branch of Federal Research Center of Tyumen Research Center SB RAS, leading staff scientist of the laboratory of seed and forage crops selection, candidate of agricultural sciences, Russia, Tyumen Region, Tyumen area, s. Moskovsky  
E-mail: gnu\_niicx@mail.ru

**Galina V. Tobolova**

Northern Trans-Urals State Agrarian University, associate professor of the chair of biotechnology and selection in plant growing, candidate of agricultural sciences, associate professor, Russia, Tyumen  
E-mail: tgv60@mail.ru

**Dmitry I. Eremin**

Northern Trans-Urals State Agrarian University, professor of the chair of soil science and agrochemistry, doctor of biological sciences, associate professor, Russia, Tyumen  
E-mail: soil-tyumen@yandex.ru

**THE EFFICIENCY OF SYSTEMATIC APPLICATION OF THE PROLAMINE ELECTROPHORESIS METHOD IN PRIMARY SEED PRODUCTION OF OATS**

*When introducing a new variety into production, effective seed production is of particular importance, which allows showing its potential to greater extent. In addition to the generally accepted methods of primary seed production – field testing and ground varietal control – the methods of molecular and biochemical labeling, including the method of electrophoresis of storage alcohol-soluble proteins – prolamins, are becoming increasingly widespread. The aim of the research was to evaluate the effectiveness of regular use of the prolamine electrophoresis method in primary seed production of oats. The materials for the study were the families of oats of Otrada variety. The tests were performed from 2014 to 2018. As a result of the analysis of storage proteins of Otrada family in 2014, 35 different types of avenin spectra were identified. The basis of the variety consisted of the families with I and II biotypes, which were left for further reproduction. The content of varietal admixture in the analyzed material changed over time. In 2014, 24.19 % of families were classified as impure, and in 2018 – 6.18 % of families of biotype I and 2.63% of families of biotype II. The total number of the types of avenin spectra differing from the main biotypes of the Otrada variety decreased from 33 in 2014 to 2 and 0 for biotypes I and II in 2018, respectively. The number of families that were heterozygous for the component composition of avenin decreased from 15.55 % in 2014 to 6.18 and 2.11 % for biotypes I and II in 2018 respectively. The varietal impurity detected during electrophoretic analysis of spare proteins of the Otrada family was biological and occurred as a result of cleavage of residual heterozygotes. It was established that with regular use, the electrophoresis method allowed timely removal of varietal admixture and significantly improved the quality of primary seed production of the variety.*

**Keywords:** oat, *Avena sativa* L., avenin-coding loci, prolamins, electrophoresis, electrophoretic spectrum, primary seed farming, biotype variety structure.

**Введение.** Овес посевной (*Avena sativa* L.) – одна из основных возделываемых зерновых культур в мире. В условиях Западной Сибири, в частности Тюменской области, овес выращивают по всей сельскохозяйственной зоне – от подтайги до южной лесостепи. Начиная с 1993 года в области появились сорта овса селекции НИ-

ИСХ Северного Зауралья – филиала ТюмНЦ СО РАН. На сегодняшний день их доля в сортовых посевах региона составляет 100 %.

Развитие рыночных отношений привело к повышению требований к посевным и сортовым качествам семян. В результате, помимо расширения набора сортов в Государственном реест-

ре селекционных достижений, необходимо и совершенствование первичного семеноводства. Грамотно организованное и эффективное семеноводство сорта позволяет в полной мере раскрыть его преимущества, что имеет особую важность при внедрении в производство новых сортов [1]. Основным методом первичного семеноводства – отбор на основе морфологических признаков. Однако все большее распространение получают и методы молекулярного и биохимического маркирования [2–7]. Все шире в первичном семеноводстве применяется метод электрофореза запасных спирторастворимых белков [8–10]. Этот метод позволяет не только выявлять сортовую примесь в тех случаях, когда это невозможно сделать по морфологическим признакам, но и эффективен для поддержания постоянства биотипного состава сортов [11–13].

В 2013 г. в Государственный реестр селекционных достижений по Тюменской области был включен новый сорт ярового овса Отрада, первичное семеноводство которого ведется с применением метода электрофореза проламинов [14].

**Цель исследований.** Оценка эффективности регулярного использования метода электрофореза проламинов в первичном семеноводстве овса посевного на примере сорта Отрада.

**Задачи:** определить частоту встречаемости сортовой примеси в разные годы исследований, в том числе количество гетерозиготных особей и семей с типами спектра авенина, отличающимися от основных биотипов сорта; установить причину появления сортовой примеси; оценить эффективность применения метода электрофореза для поддержания сортовой чистоты и постоянства биотипного состава сорта Отрада.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на базе лаборатории селекции зернофуражных культур НИИ сельского хозяйства Северного Зауралья – филиала ТюмНЦ СО РАН и лаборатории сортовой идентификации семян Государственного аграрного университета Северного Зауралья в 2014–2018 гг. Материалом для исследования послужил новый сорт овса посевного Отрада, созданный в НИИСХ Северного Зауралья методом гибридизации сортов (WW 170079 x Pс 39) x (Mutica 600 x Risto) с последующим индивидуальным отбором в F4. В 2013 г. сорт Отрада включен в Государственный реестр селекционных достижений по Тюменской области. С 2014 г. первичное семеноводство сорта ведется с использованием метода электрофореза проламинов. В 2014 г. для анализа запасных белков было отобрано 1115 семей. В 2015 и 2018 гг., после определения биотипного состава сорта Отрада, семьи отбирались отдельно для I и II биотипов (табл.).

#### Объем проанализированных семей сорта Отрада

Год урожая	Номер биотипа	Количество проанализированных семей, шт.
2014	–	1115
2015	I	320
	II	255
2018	I	275
	II	190

Для анализа от каждой семьи отбирали по 3 зерновки. Электрофорез авенинов проводили в 13,2%-м полиакриламидном геле по ранее описанной методике [15].

**Результаты и их обсуждение.** В результате анализа запасных белков семей сорта Отрада в 2014 г. было выявлено 35 различных типов спектра авенина. При этом из 1115 исследованных семей 178 (15,55 %) были гетерозиготными, т.е. зерна с одной метелки отличались по ком-

понентному составу проламинов. Для того чтобы избежать дальнейшего расщепления и обеспечить постоянство биотипного состава сорта, гетерозиготные особи исключали из дальнейшего размножения. Более подробно эти исследования описаны в наших предыдущих работах [14, 15].

Среди гомогенных семей преобладали по частоте встречаемости семьи с I и II биотипами (58,7 и 31,0 % соответственно), которые были

оставлены для последующего размножения. Частота встречаемости остальных биотипов варьировала от 1,4 до 0,1 %. Большое количество разнообразных типов спектра авенина, обнаруженных при анализе сорта, обусловлено методом его создания – ступенчатой гибридизацией, в результате которой был объединен генетический материал от четырех родительских форм. Гены, контролирующие синтез проламинов, наследуются кодоминантно. В результате гибридное потомство от скрещивания будет иметь все возможные комбинации аллелей проламин-кодирующих локусов, присутствующих у родительских особей. Количество таких комбинаций будет зависеть от количества сортов, участвующих в скрещиваниях, а также от их биотипного состава. В дальнейшем, при проведении отборов из таких гибридных популяций, есть вероятность, что для размножения будут отобраны особи, гетерозиготные по проламин-кодирующим локусам либо отличающиеся по компонентному составу проламина от основных биотипов создаваемого сорта.

Как показывают результаты анализа семей сорта овса Отрада 2014 г., метод электрофореза

за проламинов позволяет эффективно выявлять зерновки с нетипичными типами спектра авенина и своевременно удалять их из дальнейшего размножения.

С 2015 г. семьи анализировали блоками, отдельно для I и II биотипов. В ходе анализов установлено, что во всех проанализированных блоках встречается сортовая примесь. Необходимо уточнить, что за примесь принимали зерновки, спектры которых не соответствовали основным биотипам сорта Отрада, а также зерновки с одним из основных спектров авенина, но обнаруженные в блоке семей другого биотипа. Для примера, в 2015 г. при анализе блока семей с I биотипом по компонентному составу авенина к сортовой примеси были отнесены 22 семьи, 14 из которых характеризовались наличием зерновок со II типом спектра.

Как показано на рисунке 1, содержание сортовой примеси в анализируемом материале изменялось с течением времени. Если в 2014 г. к примеси было отнесено 24,19 % семей, то в 2018 – 6,18 % семей I биотипа и 2,63 % семей II биотипа.



Рис. 1. Содержание сортовой примеси в анализируемых семьях сорта овса посевного Отрада

Чтобы оценить, как влияет применение метода электрофореза на популяцию сорта Отрада, нами была проанализирована выявленная сортовая примесь: содержание гетерозигот,

встречаемость одного из основных биотипов в блоке семей другого биотипа и количество семей с типами спектра, отличающимися от основных (рис. 2, 3).

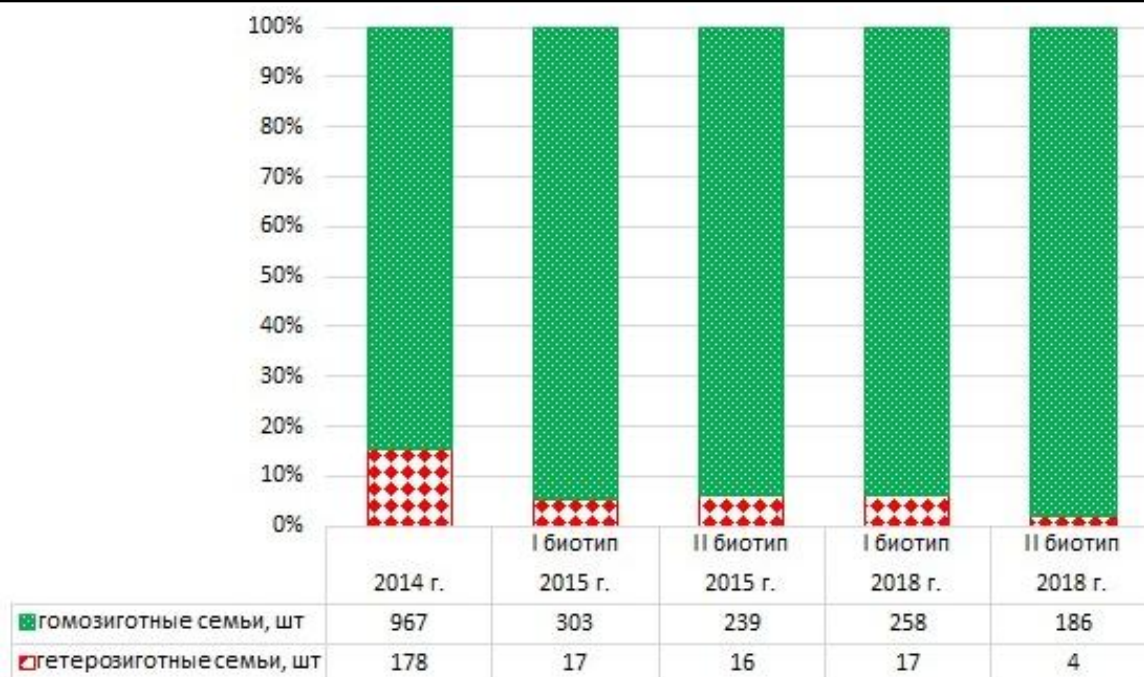


Рис. 2. Частота встречаемости гетерозиготных семей в сорте овса посевного Отрада

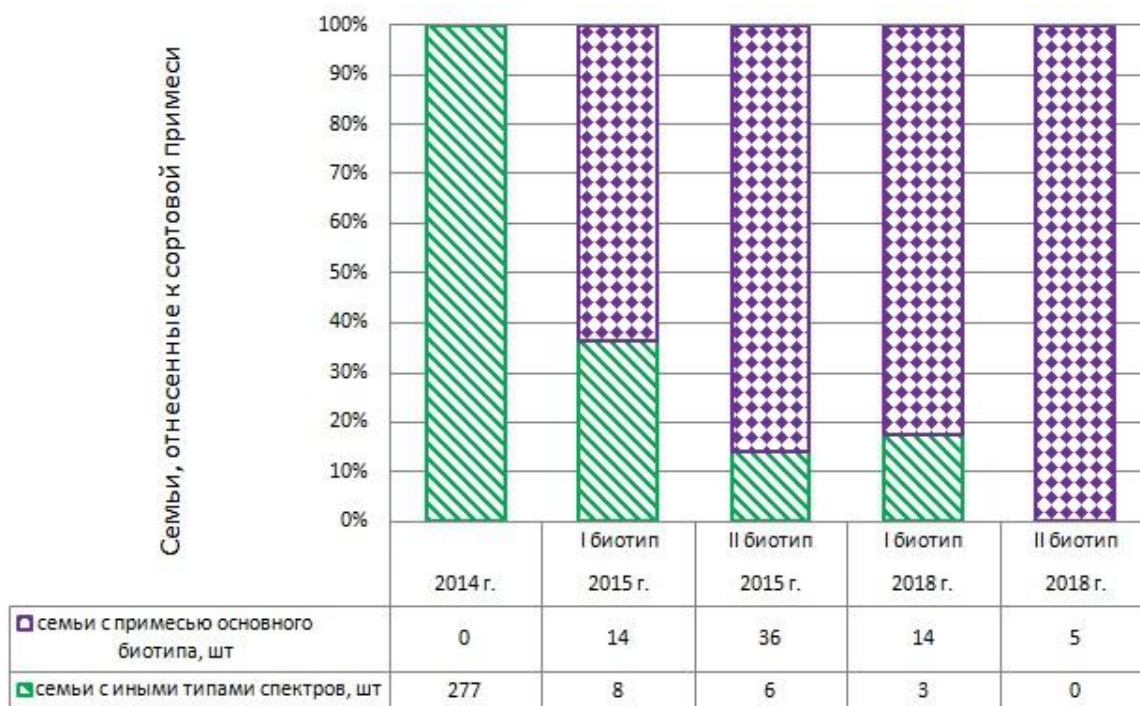


Рис. 3. Характеристика сортовой примеси, выявленной методом электрофореза проламинов в сорте овса посевного Отрада

Как видно из рисунка 2, содержание гетерозиготных семей в растительном материале II биотипа стабильно снижается с течением времени (6,27 и 2,11 % в 2015 и 2018 гг. соответственно). При этом в 2018 г. в блоке семей этого

биотипа не было выявлено ни одной семьи с зерновками, по компонентному составу авенина отличающимися от биотипов сорта Отрада, а количество семей с зерновками I биотипа снизилось с 36 в 2015 г. до 5 в 2018 г.



Частота встречаемости особей, гетерозиготных по компонентному составу авенина, выявленных в блоке семей I биотипа, в 2018 г. увеличилась на 0,87 % по сравнению с 2015 г. и составила 5,31 и 6,18 % в 2015 и 2018 гг. соответственно. Однако количество семей с иными типами спектров уменьшилось более чем в два раза.

К появлению сортовой примеси в посевах сорта могут привести различные причины. В случае простого механического смешивания семенного материала сортов возникает механическая сортовая примесь. В отличие от нее биологическая примесь появляется в результате биологических процессов (генетическое расщепление, мутации, перекрестное опыление, спонтанная гибридизация и т.д.), проходящих внутри популяции сорта.

Чтобы определить, что служит причиной появления примеси в посевах сорта Отрада, нами были проанализированы нетипичные спектры, выявленные при анализе запасных белков семей в 2014–2018 гг.

Установлено, что практически все типы спектра, обнаруженные в растительном материале в 2015–2018 гг., были идентичны биотипам, выявленным при первом анализе сорта в 2014 г. Так, в 2015 г. при анализе первого биотипа были обнаружены зерновки 6 различных типов спектра: 3, 7, 8, 12, 18 и 27. У второго биотипа в этом же году были обнаружены семьи с зерновками 3-го и 8-го типов спектра. В 2018 г. нетипичные спектры авенина были обнаружены только в блоке семей I биотипа и относились к 4-му и 8-му типам спектра. Лишь при анализе одной семьи нами был обнаружен тип спектра авенина, не встречавшийся при исследовании сорта в 2014 г. Данный тип спектра был выявлен в блоке семей II биотипа в 2015 г. и характеризовался полным отсутствием компонентов авенина, синтез которых контролируется локусом *Avn C*. При этом по остальным аллелям авенин-кодирующих локусов этот биотип был идентичен II биотипу сорта Отрада (рис. 4). По нашему мнению, к появлению особей с данным типом спектра авенина привели мутационные процессы.

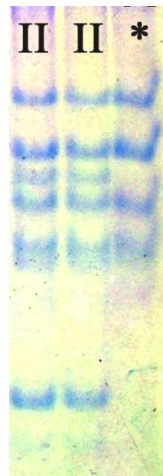


Рис. 4. Электрофоретический спектр запасных белков II биотипа сорта Отрада (II) и предположительно мутантного биотипа (\*)

По нашему мнению, сортовая примесь, обнаруженная в ходе электрофоретического анализа запасных белков семей сорта Отрада, является биологической и возникает в результате расщеплений остаточных гетерозигот. Удалить все семьи, представляющие сортовую примесь, в ходе однократного электрофоретического исследования крайне сложно, так как часть гетерозиготных семей в ходе анализа упускается –

исследуется всего три зерновки от каждой семьи, в результате чего часть семей ошибочно относится к гомозиготам основного биотипа. При дальнейших пересевах такие семьи расщепляются и становятся источником сортовой примеси.

Таким образом, установлено, что при регулярном использовании метод электрофореза позволяет эффективно поддерживать постоян-

ство биотипного состава сортов, своевременно удалять сортовую примесь и значительно повышает качество ведения первичного семеноводства сорта.

### Выводы

1. Применение метода электрофореза проламинов позволило сократить количество сортовой примеси с 24,19 % в 2014 г. до 6,18 % в блоке семей I биотипа и 2,63 % в блоке семей II биотипа в 2018 г. Общее количество типов спектра авенина, отличающихся от основных биотипов сорта Отрада, сократилось с 33 в 2014 г. до 2 и 0 для I и II биотипов в 2018 г. соответственно. Количество семей, гетерозиготных по компонентному составу авенина, снизилось с 15,55 % в 2014 г. до 6,18 и 2,11 % для I и II биотипов в 2018 г. соответственно.

2. Сортовая примесь, выявленная в сорте овса посевного Отрада, возникла в результате расщепления остаточных гетерозигот, а также мутационных процессов.

3. Для поддержания постоянства биотипного состава сорта овса Отрада при ведении первичного семеноводства необходимо своевременное и регулярное удаление из популяции гетерозиготных особей с использованием метода электрофореза.

### Литература

1. Семеноводство зерновых и зернобобовых культур в Красноярском крае / Н.А. Сурин, Л.К. Бутковская, Н.В. Зобова [и др.]. Красноярск: Знак, 2013. 99 с.
2. Хлесткина Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 4/2. С. 1044–1054.
3. Konarev A.V. Protein markers and metabolic approach to variety identification, seed control, food and feed utilization of oats // The 10th International Oat Conference: Innovation for Food and Health Abstracts of oral and poster presentation. Сер. «OATS 2016» Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). 2016. P. 74–75.

4. Губарева Н.К., Гаврилюк И.П., Конарев А.В. Идентификация сортов сельскохозяйственных культур по электрофоретическим спектрам запасных белков // Аграрная Россия. 2015. № 11. С. 21–26.
5. Shavrukov Y. Comparison of SNP and CAPS markers application in genetic research in wheat and barley // BMC Plant Biology. 2016. V.16. P. 11. DOI: 10.1186/s12870-015-0689-9.
6. A set of new simple sequence repeat and avenin DNA markers suitable for mapping and fingerprinting studies in oat (*Avena* spp.) / Charlene P. Wight, Weikai Yan, Jennifer Mitchell Fetch, Jitka Deyl, Nikolas A. Tinker // Crop Science. 2010. V. 50. P. 1207–1218. DOI: 10.2135/cropsci2009.09.0474.
7. Genetic Diversity and Population Structure Among Oat Cultivars and Landraces / G. Montilla-Bascón, J. Sánchez-Martín, Rispail N. [et al.] // Plant MolBiol Rep. 2013. V. 31(1305). P. 1305–1314. DOI: 10.1007/s11105-013-0598-8.
8. Зобова Н.В., Шевцова Л.Н., Сурин Н.А. Сортовая идентификация и семенной контроль ячменя по запасным белкам семян – гордеинам // Вестник КрасГАУ. 2004. № 6. С. 77–80.
9. Тоболова Г.В. Изменение биотипного состава сорта мягкой пшеницы Тюменская 80 в процессе семеноводства // Аграрный вестник Урала. 2009. № 10. С. 12–14.
10. Якубышина Л.И., Казак А.А., Логинов Ю.П. Использование метода электрофореза в семеноводстве ячменя сорта Одесский 100 // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5(67). С. 56–59.
11. Спектры проламинов в агроэкологической оценке коллекционного материала ячменя / Н.В. Зобова, Н.А. Сурин, С.А. Герасимов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 45–47.
12. Белковые маркеры, морфологические и селекционные признаки в идентификации дублетных образцов культурного овса в коллекциях ВИР (Россия) и нордического генного банка (Nordgen, Швеция) / И.Н. Перчук, А.В. Конарев, И.Г. Лоскутов [и др.] // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177. С. 82–93.

13. Любимова А.В., Ярова Э.Т., Еремин Д.И. Изменение биотипного состава сортов яровой тритикале в процессе возделывания // Вестник КрасГАУ. 2018. № 5 (140). С. 3–8.
14. Фомина М.Н., Тоболова Г.В., Остапенко А.В. Использование метода электрофореза проламинов в первичном семеноводстве на примере сорта овса Отрада // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 12. С. 14–16.
15. Фомина М.Н., Остапенко А.В., Тоболова Г.В. Использование метода электрофореза проламинов в первичном семеноводстве овса: рекомендации. Тюмень, 2016. 32 с.
7. Genetic Diversity and Population Structure Among Oat Cultivars and Landraces / G. Montilla-Bascón, J. Sánchez-Martín, Rispail N. [et al.] // Plant MolBiol Rep. 2013. V. 31(1305). P. 1305–1314. DOI: 10.1007/s11105-013-0598-8.
8. Zbova N.V., Shevcova L.N., Surin N.A. Sortovaja identifikacija i semennoj kontrol' jachmenja po zapasnym belkam semjan – gordeinam // Vestnik KrasGAU. 2004. № 6. S. 77–80.
9. Tobolova G.V. Izmenenie biotipnogo sostava sorta mjagkoj pshenicy Tjumenskaja 80 v processe semenovodstva // Agrarnyj vestnik Urala. 2009. № 10. S. 12–14.
10. Jakubyszina L.I., Kazak A.A., Loginov Ju.P. Ispol'zovanie metoda jelektroforeza v semenovodstve jachmenja sorta Odesskij 100 // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 5(67). S. 56–59.
11. Spektry prolaminov v agrojekologicheskoj ocenke kollekcionnogo materiala jachmenja / N.V. Zbova, N.A. Surin, S.A. Gerasimov [i dr.] // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2018. T. 32. № 5. S. 45–47.
12. Belkovye markery, morfologicheskie i selekcionnye priznaki v identifikacii dubletnyh obrazcov kul'turnogo ovsa v kollekcijah VIR (Rossija) i nordicheskogo gennogo banka (Nordgen, Shvecija) / I.N. Perchuk, A.V. Konarev, I.G. Loskutov [i dr.] // Tr. po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2016. T. 177. S. 82–93.
13. Ljubimova A.V., Jarova Je.T., Eremin D.I. Izmenenie biotipnogo sostava sortov jarovoj tritikale v processe vzdelyvanija // Vestnik KrasGAU. 2018. № 5 (140). S. 3–8.
14. Fomina M.N., Tobolova G.V., Ostapenko A.V. Ispol'zovanie metoda jelektroforeza prolaminov v pervichnom semenovodstve na primere sorta ovsa Otrada // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2016. T. 30. № 12. S. 14–16.
15. Fomina M.N., Ostapenko A.V., Tobolova G.V. Ispol'zovanie metoda jelektroforeza prolaminov v pervichnom semenovodstve ovsa: rekomendacii. Tjumen', 2016. 32 s.

### Literatura

1. Semenovodstvo zernovyh i zemobobovyh kul'tur v Krasnojarskom krae / N.A. Surin, L.K. Butkovskaja, N.V. Zbova [i dr.]. Krasnojarsk: Znack, 2013. 99 s.
2. Hlestkina E.K. Molekuljarnye markery v geneti-ches-kih issledovanijah i v selekcii // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2013. T. 17. № 4/2. S. 1044–1054.
3. Konarev A.V. Protein markers and metabolomic approach to variety identification, seed control, food and feed utilization of oats // The 10th International Oat Conference: Innovation for Food and Health Abstracts of oral and poster presentation. Ser. «OATS 2016» Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). 2016. R. 74–75.
4. Gubareva N.K., Gavrilyuk I.P., Konarev A.V. Identifikacija sortov sel'skohozjajstvennyh kul'tur po jelektroforeticheskim spektram zapasnyh belkov // Agrarnaja Rossija. 2015. № 11. S. 21–26.
5. Shavrukov Y. Comparison of SNP and CAPS markers application in genetic research in wheat and barley // BMC Plant Biology. 2016. V.16. P. 11. DOI: 10.1186/s12870-015-0689-9.
6. A set of new simple sequence repeat and avenin DNA markers suitable for mapping and fingerprinting studies in oat (*Avena* spp.) / Charlene P. Wight, Weikai Yan, Jennifer Mitchell Fetch, Jitka Deyl, Nikolas A. Tinker // Crop Science. 2010. V. 50. P. 1207–1218. DOI: 10.2135/cropsci2009.09.0474.