

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ
РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ
ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ.

DOI:

10.30901/2227-8834-2018-2-85-95

УДК: 633.13:581.198(571.12.)

А. В. Любимова^{1,2},

Д. И. Еремин²

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, 625501, Россия, Тюменская обл., Тюменский р-н, п. Московский, ул. Бурлаки, д. 2,
e-mail: ostapenkoav88@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 625003, Россия, г. Тюмень, ул. Республики, д. 7.

Ключевые слова:

овес, электрофоретический спектр, запасные спирторас-творимые белки, компонентный состав авенина, биотипный состав, блоки компонентов проламина, авенин-кодирующие локусы, Тюменская область.

Поступление:

19.01.2018

Принято:

21.05.2018

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**ОСОБЕННОСТИ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА
АВЕНИНОВ ОВСА, ВОЗДЕЛЫВАЕМОГО В ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ**

Актуальность. В условиях Западной Сибири, и, в частности, Тюменской области, овес является одной из основных возделываемых зерновых культур. В регионе на площади 129 тыс. га возделывается шесть сортов ярового овса, включенных в Государственный реестр по Тюменской области – ‘Перона’, ‘Мегион’, ‘Тюменский голозёрный’, ‘Талисман’, ‘Отрада’ и ‘Фома’. В настоящее время в Тюменской области при создании новых сортов интенсивного типа применяются не только традиционные способы селекции, но и биотехнологические методы, в частности, биохимические маркеры – проламины. Целью исследований было изучение компонентного состава авенинов и аллельного состояния авенин-кодирующих локусов сортов овса посевного, возделываемых в Тюменской области и выявление аллелей, характерных для данного региона. **Материалы и методы.** Для лабораторного анализа использовали по 100 зерновок, отобранных методом случайной выборки от каждого из сортов овса посевного, включенных в Государственный реестр по Тюменской области. Электрофоретическое разделение авенина проводили в вертикальных пластинах полиакриламидного геля. **Результаты и выводы.** Установлено, что гомогенными по компонентному составу авенина являются сорта ‘Перона’, ‘Талисман’, ‘Фома’ и ‘Тюменский голозёрный’. В состав сортов ‘Мегион’ и ‘Отрада’ входит по два биотипа соотношением 2 : 1. Гетерогенность этих сортов определяется наличием двух аллельных вариантов блоков компонентов проламина, контролируемых локусом *Avn A*. Кластеризация методом UPGMA показала, что исследованные сорта в соответствии со степенью своего генотипического сходства, делятся на два кластера. В первый кластер вошли сорта ‘Тюменский голозёрный’ и ‘Мегион’, во второй – сорта ‘Перона’, ‘Талисман’, ‘Отрада’ и ‘Фома’. При этом, между сортами ‘Талисман’ и ‘Перона’ генетическая дистанция равнялась нулю, а их формулы авенина совпали и имели вид *Avn A4 V4 C2*. Идентичность спектров запасных белков обусловлена тем, что данные аллельные варианты блоков компонентов проламина сцеплены с ценными хозяйственными и адаптивными признаками, дающими преимущества несущим их особям в природно-климатических условиях Тюменской области. В результате, на протяжении нескольких десятков лет, для возделывания в регионе отбираются сорта с определенным сочетанием аллелей авенин-кодирующих локусов. Преобладают по частоте встречаемости в спектрах исследованных сортов блоки компонентов *A4, V4, C1* и *C2*. Эти блоки могут выступать маркерами адаптивно-значимых и хозяйственно ценных ассоциаций генов. Таким образом, в ходе селекционной работы в Тюменской области, при отборе исходного материала для скрещиваний, следует обратить внимание на сорта овса, в спектрах запасных белков которых присутствуют вышеназванные блоки компонентов авенина.

DOI:
10.30901/2227-8834-2018-2-85-95

ORIGINAL ARTICLE

A. V. Lyubimova^{1, 2},
D. I. Eremin²

¹Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Ural Region, branch of Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of the RAS, 2, Burlaki St., Moskovsky, Tyumen District, Tyumen Province, 625501, Russia, e-mail: ostapenkoav88@yandex.ru
²Northern Trans-Ural State Agricultural University, 7, Respubliki St., Tyumen, 625003, Russia.

Key words:

oat, electrophoretic spectrum, alcohol-soluble storage proteins, component composition of avenin, biotype composition, blocks of prolamin components, avenin-coding loci, Tyumen Province

Received:

19.01.2018

Accepted:

21.05.2018

PECULIARITIES OF THE AVENIN COMPONENT COMPOSITION IN OATS CULTIVATED IN WESTERN SIBERIA

Background. In the environments of Western Siberia, oat is one of the main cultivated cereals. Six varieties of common oat are included in the State Register for Tyumen Province: 'Perona', 'Megion', 'Tyumensky Golozerny', 'Talisman', 'Otrada' and 'Foma'. Currently, not only traditional methods of breeding are used for the development of new cultivars of intensive type in Tyumen Province, but also biochemical markers – prolamins. The aim of the research was to study the component composition of avenins and allelic status of avenin-coding loci in common oat varieties cultivated in Tyumen Province as well as to identify alleles specific to the region. **Materials and methods.** For laboratory analysis we used 100 kernels selected at random from each of the oat varieties. Electrophoretic separation of avenin was carried out on vertical plates of polyacrylamide gel. **Results and conclusion.** The varieties 'Perona', 'Talisman', 'Foma' and 'Tyumensky Golozerny' were found to be homogeneous in their avenin component composition, while 'Megion' and 'Otrada' included two biotypes with a 2:1 ratio. Their heterogeneity is determined by the presence of two allelic variants controlled by the *Avn A* locus. Clustering by the UPGMA method showed that the studied varieties were divided into two clusters. The first cluster included 'Tyumensky Golozerny' and 'Megion', while the second harbored 'Perona', 'Talisman', 'Otrada' and 'Foma'. The genetic distance between the varieties 'Talisman' and 'Perona' was zero, and their avenin formulas coincided: *Avn A4 B4 C2*. The identity of their storage protein spectra is due to the fact that these allelic variants of prolamin component blocks are linked to valuable economic and adaptive features. Blocks of the components A4, B4, C1 and C2 prevail in the frequency of occurrence in the spectra of the investigated varieties. These blocks can act as markers of gene associations with adaptive significance and economic value. Thus, when performing breeding work in Tyumen Province, it is necessary to pay attention to oat varieties whose prolamin spectra contain the aforementioned blocks of avenin components.

Введение

В условиях Западной Сибири, и, в частности, Тюменской области, овес является одной из основных возделываемых зерновых культур. Этот регион характеризуется своеобразным распределением осадков и динамикой нарастания положительных температур за вегетационный период. В результате, для местных условий требуются сорта с высокой экологической пластичностью. Кроме этого, селекционная работа в Сибири направлена на выведение сортов овса, устойчивых к полеганию, засухе, болезням, высокоурожайных, имеющих крупное зерно с повышенным содержанием белка и сбалансированным составом незаменимых аминокислот (Komarova, 2009; Fomina, 2009, 2015).

В Тюменской области овес выращивают по всей сельскохозяйственной зоне – от подтайги до южной лесостепи. По мнению некоторых авторов, в данном регионе выращивание овса наиболее целесообразно (Fomina, 2015). На сегодняшний день в области на площади 129 тыс. га возделывается шесть сортов ярового овса, включенных в Государственный реестр по Тюменской области – это сорта ‘Перона’, ‘Мегион’, ‘Тюменский голозёрный’, ‘Талисман’, ‘Отрада’ и ‘Фома’.

При создании новых сортов важен правильный подбор исходного материала. В настоящее время в Тюменской области для решения этой задачи применяются не только традиционные способы селекции, но и биотехнологические методы. Широко используются биохимические маркеры, в частности, спирторастворимые белки семян – проламины (Perchuk, 2016; Fomina, 2016; Ibragimova, 2016; Ostapenko, 2017). Применение белковых маркеров в анализе селекционного материала позволяет осуществлять контроль над включением геномов, хромосом или особенностей генотипа исходных форм в создаваемые гибриды и сорта. Одно из важнейших свойств биохимических маркеров – это их подверженность действию отбора (Pomortsev,

2009). Аллельные варианты блоков компонентов проламинов имеют сильную связь с адаптивными признаками генотипов (Zobova, 2014). При этом, адаптивным свойствам популяций соответствуют общие локально распространенные аллели, которые, с практической точки зрения, имеют наибольшую ценность (Konagev, 2006). Идентификация блоков компонентов запасных белков, маркирующих важные адаптивные и хозяйственные признаки, позволяет выделить ценные ассоциации генов и использовать их в селекции (Loskutov, 2008; Novoselskaya-Dragovich, 2015). Так, в результате исследования генетического разнообразия сортов пшеницы по глиадин-кодирующим локусам установлена зависимость частоты встречаемости различных вариантов блоков компонентов глиадина от агроклиматических и почвенных условий (Novoselskaya-Dragovich, 2003; Malik, 2009; Kudryavtsev, 2014). Для оценки генетического разнообразия овса широко применяется электрофорез запасных белков – авенинов. Компоненты авенина наследуются группами и контролируются тремя независимыми локусами: *Avn A*, *Avn B*, *Avn C* (Portyanko, 1987). У европейских сортов овса обнаружена географическая зональность во встречаемости блоков компонентов авенина. Выявлено, что сочетание аллельных вариантов в генотипах имеет неслучайный характер. Установлено, что для сортов овса с идентичными биологическими и хозяйственно ценными признаками характерно значительное сходство по спектрам проламина. Следовательно, аллели авенин-кодирующих локусов или локусы, сцепленные с ними, отличаются по своей адаптивной и селекционной ценности (Portyanko et al., 1987).

Целью наших исследований было изучение компонентного состава авенинов и аллельного состояния авенин-кодирующих локусов сортов овса посевного, возделываемых в Тюменской области, и выявление аллелей, характерных для данного региона, для дальнейшего использования в маркерной селекции при оценке исходного материала по овсу.

Материалы и методы

Для лабораторного анализа использовали индивидуальные зерновки сортов овса посевного, включенных в Государственный реестр по Тюменской области (табл. 1).

Материал для анализа был предоставлен учреждением-оригинатором сортов – НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН. Исключение составил сорт овса ‘Перона’, завезенный в Тюменскую область из Нидерландов в 1985 г. и в настоящее время возделываемый без первичного семеноводства.

Таблица 1. Исследованные сорта овса посевного**Table 1. The studied varieties of common oat**

Сорт Variety	Учреждение-оригина- тор Originating institution	Год включения в Гос- реестр по Тюменской обл. Year of inclusion in the State Register for Tyu- men Province	Происхождение Origin
Перона	Завезен из Нидерландов	1985	Гибридизация сортов местной селекции
Мегион	НИИСХ Северного Зауралья, Сибирский НИИ сельского хозяйства, Нарымская ГСС	1993	Гибридизация сортов Нарымский 943 × Пшебуй II с последующим индивидуальным отбором родоначального растения
Тюменский голозёрный	НИИСХ Северного Зауралья, Казахский НИИ земледелия и селекции	2000	Индивидуальный отбор из сортовой популяции производственного посева Синьзян-Уйгурского автономного округа КНР
Талисман	НИИСХ Северного Зауралья, Нарымская ГСС	2002	Индивидуальный отбор из гибридной комбинации Flamingsnova (к-13401) × Метис
Отрада	НИИСХ Северного Зауралья	2013	Гибридизация сортов (WW 170079 × Рс 39) × (Мутика 600 × Risto) с последующим индивидуальным отбором
Фома	НИИСХ Северного Зауралья	2014	Гибридизация сортов (WW 170079 × Рс 39) × (Мутика 600 × Risto) с последующим индивидуальным отбором, сибс

Образцы зерна этого сорта для лабораторных исследований были предоставлены Всероссийским институтом генетических

ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР).

Для одномерного электрофореза запасных белков овса применяли стандартную

методику (Pomortsev, 2004), с некоторыми модификациями (Ostapenko, 2013). Для анализа от каждого сорта методом случайной выборки отбирали по 100 зерен. Белки экстрагировали из муки индивидуальных зерновок добавлением 90 мкл 70% этанола с последующим инкубированием при 40°C в течение 40 мин. Полученный экстракт центрифугировали 4 мин на скорости 10 000 оборотов в минуту. Супернатант переносили в новые пробирки Eppendorf и приливали к нему по 300 мкл красителя метиленового зеленого (60 г сахарозы, 0,1 г метиленового зеленого, 100 г мочевины и 100 мл аллюминий-лактатного буфера). Экстракт белка (23 мкл) помещали в полиакриламидный гель и разделяли электрофорезом. Полиакриламидный гель содержал: 13,17 г акриламида, 0,66 г N,N'-метилен-бис-акриламида, 7,17 г мочевины, 2 мг $Fe_2(SO_4)_3 \times 9H_2O$, 80 мг аскорбиновой кислоты и 0,26 г лактата алюминия. Все реактивы растворяли в 100 мл аллюминий-лактатного буфера. Для полимеризации к 100 мл раствора геля приливали 25 мкл 15%-ной перекиси водорода. Для проведения электрофореза использовали электрофоретические камеры модели VE-20 (Helicon, Россия) с размерами формируемых пластин 178×175×1,5 мм. Электрофорез проводили при постоянном напряжении 500 V в течение 3,5–4,0 часов. Фиксацию и окрашивание гелевых пластин осуществляли в 10%-ном растворе трихлоруксусной кислоты с добавлением 0,05% Ку-масси бриллиантового голубого R-250 в этаноле в течение 8-ми часов. Идентификацию аллельных вариантов блоков компонентов, контролируемых авенин-кодирующими локусами, проводили на основании каталога, разработанного В. А. Портянко и др. (Portyanko et al., 1987). Электрофореграммы образцов фиксировались в виде генетических формул. Для этого в строку записывалось сочетание *Avn*, а затем – буква, обозначающая соответствующий локус (A, B и C) и порядковый номер аллельного варианта блока компонентов проламина, контролируемого соответствующим локусом. В случае гетерогенных образцов, имеющих более одного аллеля по одному или

нескольким проламин-кодирующим локусам, аллельные варианты блоков компонентов перечисляли через знак «+». Если обнаруженный блок компонентов отсутствовал в каталоге, вместо его порядкового номера в генетической формуле записывалось сочетание *ned*. В качестве стандарта использовали зерновки овса посевного сорта 'Астор' (*Avn A2 B4 C2*).

На основе полученных электрофоретических спектров авенина была составлена компьютерная матрица исходных данных, в которой присутствие компонента обозначали 1, а отсутствие – 0. Фракции белков различали между собой, основываясь на скорости их движения в гелевом носителе. Чтобы выявить степень генетической дифференциации образцов, данные полученной матрицы обрабатывали методом кластерного анализа. В качестве индекса подобия использовали коэффициент Dice:

$$S = \frac{2n_{ab}}{n_a + n_b}, \quad (1)$$

где n_a и n_b – это число компонентов, присутствующих в спектрах A и B, соответственно, а n_{ab} – это количество компонентов, общих для двух спектров (Nei, 1979). Генетические дистанции (d) для построения дендрограммы вычисляли по формуле:

$$d = 1 - S, \quad (2)$$

Для кластеризации применялся метод попарного внутригруппового невзвешенного среднего (UPGMA – Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Mean) (Sneath, 1973). Построение дендрограммы выполняли с использованием программы TREECON 1.3b для Windows с проведением bootstrap анализа для 100 повторностей.

Результаты и обсуждение

В результате идентификации аллельных вариантов блоков компонентов проламина установлено, что сорта 'Перона', 'Талисман', 'Фома' и 'Тюменский голозёрный' были гомогенными, а 'Мегион' и 'Отрада' – гетерогенными по компонентному составу авенина (табл. 2).

Таблица 2. Биотипный состав и генетические формулы авенина сортов овса, возделываемых в Тюменской области

Table 2. Biotype composition and avenin genetic formulae of oat varieties cultivated in Tyumen Province

Сорта Varieties	Число биотипов Number of biotypes	Генетические формулы авенина Genetic formulae of avenin
Перона	1	A4 B4 C2
Талисман	1	A4 B4 C2
Фома	1	A4 B5 C1
Тюменский голозёрный	1	A2 Bned C3
Мегион	2	A2+ned Bned C5
Отрада	2	Aned+4B4C1

При сравнении спектров сортов Талисман и Перона выявлено, что они идентичны по компонентному составу проламинов и имеют генетическую формулу авенина *Avn* A4 B4 C2 (рис. 1).

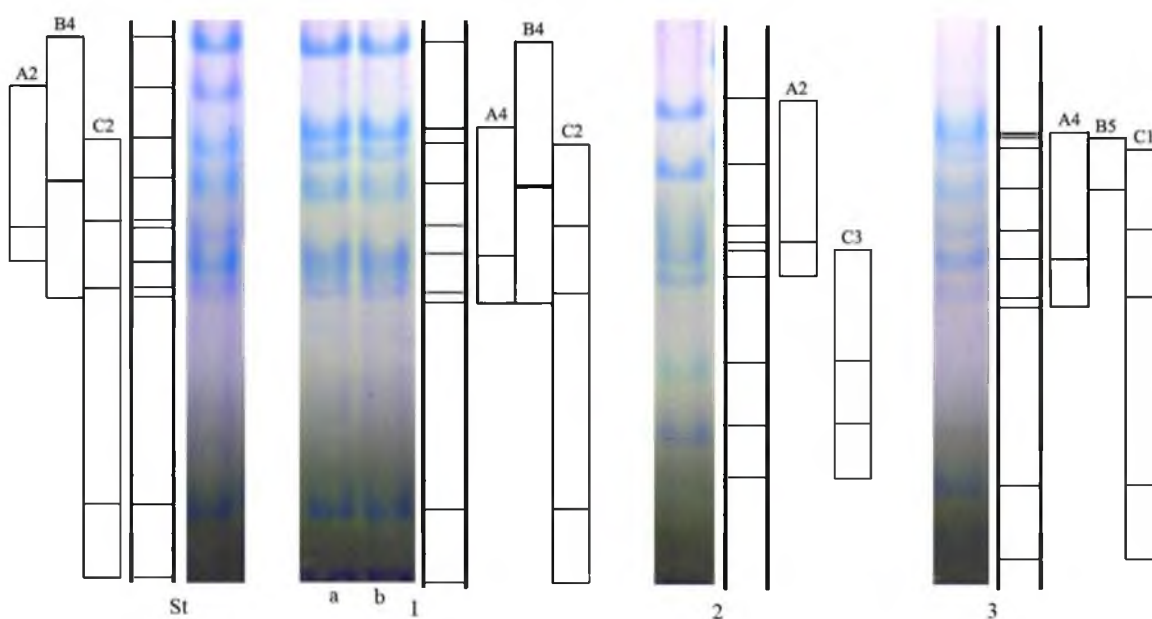


Рис. 1. Схемы электрофоретических спектров и блоков компонентов гомогенных сортов овса посевного, включенных в Государственный реестр по Тюменской области. St – Astor (стандарт); 1 a – Перона, 1 b – Талисман; 2 – Тюменский голозёрный; 3 – Фома
Fig. 1. Patterns of electrophoretic spectra and blocks of components for homogeneous common oat varieties included in the State Register for Tyumen Province: St – ‘Astor’ (standard reference); 1 a – Perona, 1 b – Talisman; 2 – Tyumensky Golozerny, 3 – Foma

Для сорта ‘Тюменский голозёрный’ определены аллельные варианты блоков компонентов авенина, контролируемые локусами *Avn* A и *Avn* C. Выявленный нами в спектре этого сорта блок компонентов проламина, контролируемый локусом *Avn* B отсутствует в каталоге. Генетическая формула сорта ‘Тюменский

голозёрный’ имеет вид *Avn* A2 Bned C3. В спектре сорта ‘Фома’ идентифицированы аллельные варианты блоков проламина A4, B5 и C1.

При анализе электрофореграмм сорта ‘Мегион’ обнаружено два типа спектров, находившихся в соотношении 2 : 1. При

определении аллелей авенин-кодирующих локусов, идентифицированы варианты локуса *Avn C*, одинаковые у обоих биотипов и аллель локуса *Avn A* для I биотипа. Генетическая формула сорта 'Мегион': *Avn A2+ned Bned C5* (рис. 2).

Сорт 'Отрада' также состоял из двух биотипов с соотношением 2 : 1. При анализе их электрофоретических спектров

определены аллельные варианты блоков компонентов авенина, контролируемых локусами *Avn C* и *Avn B*, а также аллель локуса *Avn A* для II биотипа. Таким образом, гетерогенность сорта определялась наличием двух аллельных вариантов локуса *Avn A*. Генетическая формула сорта 'Отрада': *Avn Aned+4 B4 C1*.

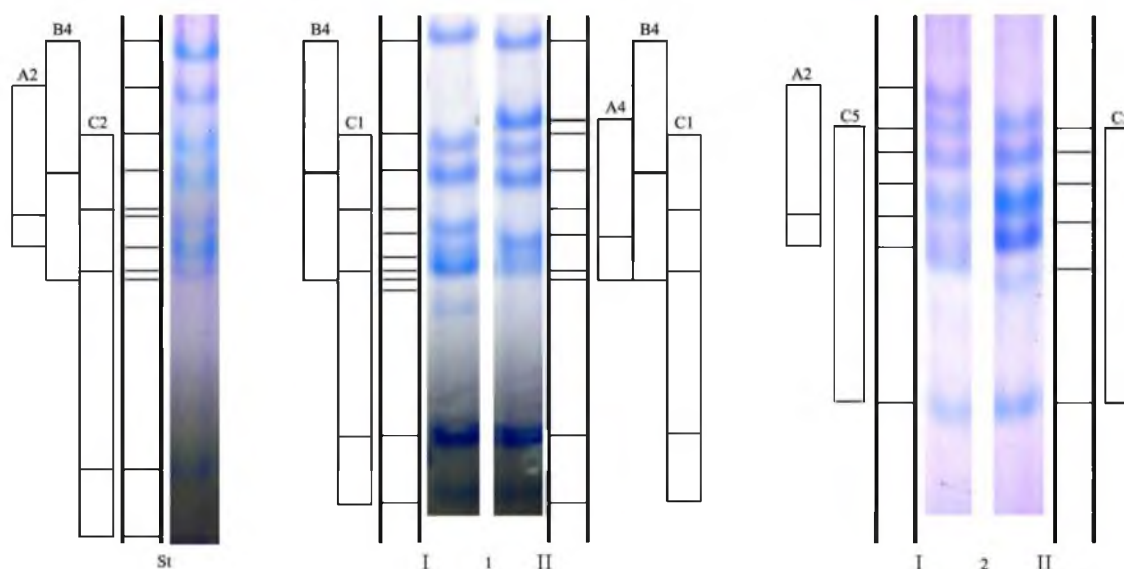


Рис. 2. Схемы электрофоретических спектров и блоков компонентов гетерогенных сортов овса посевного, включенных в Государственный реестр по Тюменской области. St – Astor (стандарт); 1 – Отрада (I и II биотип); 2 – Мегион (I и II биотип)
Fig. 2. Patterns of electrophoretic spectra and blocks of components for heterogeneous common oat varieties included in the State Register for Tyumen Province: St – Astor (standard reference); 1 – Otrada (I and II biotype); 2 – Megion (I and II biotype)

На основе данных о компонентном составе авенина проанализированных сортов был проведена кластеризация методом UPGMA (рис. 3). Биотипы гетерогенных сортов рассматривались как отдельные образцы.

В результате построения дендрограммы все образцы разделились на два кластера. Первый кластер образовали сорт 'Тюменский голозёрный' и биотипы сорта 'Мегион'. Генетическая дистанция между этими образцами составила 0,9 единиц, что объясняется происхождением сорта 'Тюменский голозёрный'. В отличие от остальных образцов, селекционная работа с ним проходила одновременно в Тюменской области и Казахстане. Это повлияло на комплекс

хозяйственно ценных и адаптивных признаков данного сорта, а, следовательно, и на состав сцепленных с ними блоков компонентов авенина.

Оставшиеся образцы сформировали второй кластер. Наиболее удалены друг от друга оказались два биотипа сорта 'Отрада', генетическая дистанция между которыми составила 0,5. Самым близким генетически ко II биотипу сорта 'Отрада' оказался сорт 'Фома' (генетическая дистанция 0,2). Эти два образца объединились в одну группу во втором кластере. Такая генетическая близость, вероятно, вызвана тем, что сорта 'Отрада' и 'Фома' являются потомками одних и тех же родителей.

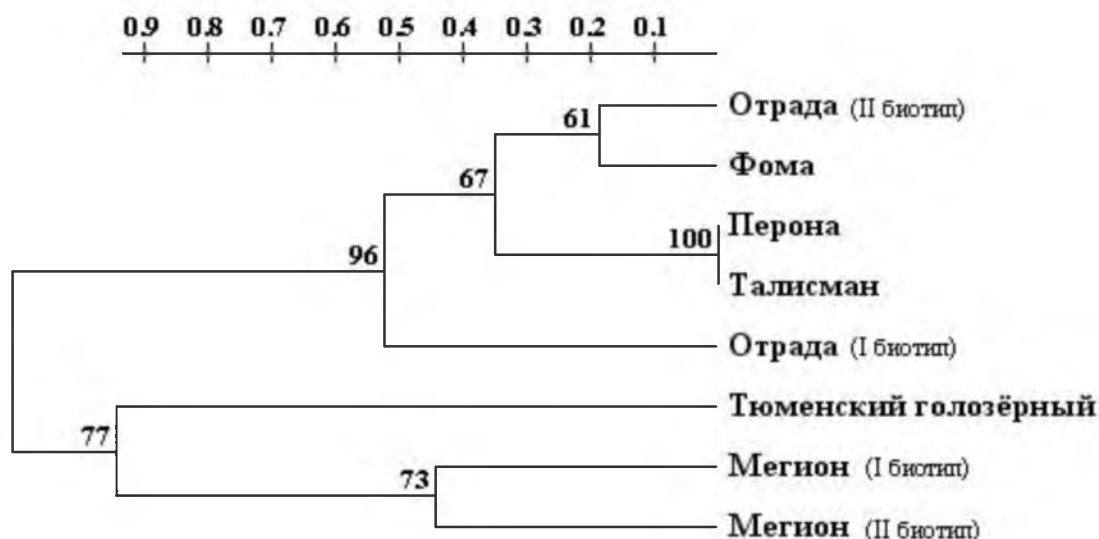


Рис. 3. UPGMA-дендрограмма филогенетических взаимоотношений образцов овса посевного, возделываемых в Тюменской области по компонентному составу авенина. На ветвях указаны значения бутстреп-индексов

Fig. 3. UPGMA dendrogram depicting phylogenetic relationships of common oat accessions cultivated in Tyumen Province in their component composition of avenin. Figures above the branches are the values of bootstrap indices

Отдельного внимания заслуживают сорта 'Перона' и 'Талисман', образовавшие одну группу. Генетическая дистанция между ними равнялась 0. Так как сорта 'Перона' и 'Талисман' выведены в разных странах и не имеют общих родителей, идентичность их спектров не может быть обусловлена общностью происхождения. Известно, что биохимические маркеры, в том числе проламины, подвержены действию отбора, в результате которого в определенных условиях среды создаются генотипы с неслучайным устойчивым сочетанием генов – адаптивные генные комплексы (Kudryavtsev, 2014). При этом, адаптивным признакам популяций соответствуют общие локально распространенные маркирующие их аллели, имеющие наибольшую ценность с практической точки зрения. Основываясь на динамике частот аллелей маркерных локусов, можно провести анализ ассоциаций генов, имеющих большое значение для адаптации генотипов. Так, была установлена зависимость частоты

встречаемости различных аллелей проламин-кодирующих локусов пшеницы, овса и ячменя от агроклиматических и почвенных условий (Portyanko, 1987; Pomortsev, 2009; Novoselskaya-Dragovich, 2015). По нашему мнению, идентичность спектров проламина сортов 'Перона' и 'Талисман', вызвана тем, что аллельные варианты A4, B4 и C2 сцеплены с хозяйственными и адаптивными признаками, дающими преимущества несущим их особям в природно-климатических условиях Тюменской области.

Следует отметить, что аллельные варианты блоков компонентов проламина A4 и B4, выявленные в спектрах сортов 'Перона' и 'Талисман', преобладают по частоте встречаемости в спектрах авенина сортов овса, включенных в Государственный реестр по Тюменской области (табл. 3). По локусу *Avn C* чаще остальных встречаются в спектрах исследованных сортов входящие в состав одного семейства блоки C1 и C2.

Таблица 3. Частота встречаемости блоков компонентов проламина (%) в спектрах сортов овса, включенных в Госреестр по Тюменской обл.
Table 3. The frequency of occurrence of prolamin component blocks (%) in the spectra of oat varieties included in the State Register for Tyumen Province

Блок компонентов по ло- кусу <i>Avn</i> A Block of components for the <i>Avn</i> A locus	Частота встречаемости Frequency of occurrence	Блок компонентов по ло- кусу <i>Avn</i> B Block of components for the <i>Avn</i> B locus	Частота встречаемости Frequency of occurrence	Блок компонентов по ло- кусу <i>Avn</i> C Block of components for the <i>Avn</i> C locus	Частота встречаемости Frequency of occurrence
2	25	4	50	1	25
4	50	5	12,5	2	25
ned	25	ned	37,5	3	12,5
		5		12,5	

Косвенным подтверждением того, что преобладание вышеназванных вариантов блоков компонентов в спектрах исследованных сортов не случайно, может послужить тот факт, что данные блоки характерны для сорта ‘Талисман’, имеющего в Тюменской области наибольшую площадь сортовых посевов (82 тыс. га), а также для новых перспективных сортов овса ‘Отрада’ и ‘Фома’. Следовательно, на протяжении нескольких десятков лет для возделывания в регионе отбираются сорта с определенным сочетанием аллелей авенин-кодирующих локусов.

Выводы.

1. Выращиваемые в Тюменской области сорта овса ‘Перона’, ‘Талисман’, ‘Фома’ и ‘Тюменский голозёрный’ по

компонентному составу авенина являются гомогенными. В состав сортов ‘Мегион’ и ‘Отрада’ входит по два биотипа соотношением 2 : 1.

2. В соответствии со степенью генотипического сходства, исследованные сорта образовали два кластера. В первый вошли сорта ‘Тюменский голозёрный’ и ‘Мегион’, во второй – ‘Перона’, ‘Талисман’, ‘Ортада’ и ‘Фома’. Генетическая дистанция между сортами ‘Талисман’ и ‘Перона’ равна нулю, а их генетические формулы авенина совпали и имеют вид *Avn* A4 B4 C2.

3. В спектрах исследованных сортов по частоте встречаемости преобладают блоки компонентов проламина A4, B4, C1 и C2. Эти блоки могут выступать маркерами адаптивно-значимых и хозяйственно ценных в условиях Тюменской области ассоциаций генов.

References / Литература

Fomina M. N. Development of oat breeding in the Northern Transurals using oat genetic resources from the VIR global collection // Bulletin applied botany, genetics and plant breeding, 2009, vol. 165, pp. 134–137 [in

Russian] (*Фомина М. Н.* Развитие селекции овса в Северном Зауралье с использованием генофонда мировой коллекции ВИР // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2009. Т. 165. С. 134–137).

- Fomina M. N.* Prospects of selection for use in oats field fodder agricultural zone of Northern Trans-Ural region // *Selekcija, semenovodstvo i proizvodstvo zernofurazhnyh kul'tur dlya obespecheniya importozameshcheniya – Breeding, seed production and production of forage crops for the purpose of import substitution*, 2015, pp. 122–126 [in Russian] (*Фомина М. Н.* Перспективы селекции овса для использования в кормовом поле сельскохозяйственной зоны Северного Зауралья // *Селекция, семеноводство и производство зернофуражных культур для обеспечения импортозамещения*. 2015. С. 122–126).
- Fomina M. N., Tobolova G. V., Ostapenko A. V.* Usage of the Method of Prolamine Electrophoresis in Primary Seed Breeding by the Example of Otrada Oat Variety // *Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, vol. 30, no. 12, pp. 14–16 [in Russian] (*Фомина М. Н., Тоболова Г. В., Остапенко А. В.* Использование метода электрофореза в первичном семеноводстве на примере сорта овса Отрада // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30, № 12. С. 14–16).
- Ibragimova M. Z., Ostapenko A. V.* Genetic diversity of siberian oats varieties *Avena L.* characteristics according to the spectra of avenin. *Bulletin of KrasGAU*, 2016, no 6 (117), pp. 126–133 [in Russian] (*Ибрагимова М. З., Остапенко А. В.* Характеристика генетического разнообразия сибирских сортов овса *Avena L.* по спектрам авенина // *Вестник КрасГАУ*. 2016. № 6 (117). С. 126–133).
- Komarova G. N.* The taiga zone of Western Siberia // *Bulletin applied botani, genetics and plant breeding*, 2009, vol. 165, pp. 203–207 [in Russian] (*Комарова Г. Н.* Селекция овса в таежной зоне Западной Сибири // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 165. С. 203–207).
- Konarev A. V.* The use of molecular markers in the solution of the problems of genetic resources of plants and selection // *Agrarian Russia*, 2006, no. 6, pp. 4–22 [in Russian] (*Конярев А. В.* Использование молекулярных маркеров в решении проблем генетических ресурсов растений и селекции // *Аграрная Россия*. 2006. № 6. С. 4–22).
- Kudryavtsev A. M., Dedova V. L., Melnik V. A., Shishkina A. A.* Genetic diversity of modern russian durum wheat cultivars at the gliadin-coding loci // *Russian journal of genetics*, 2014, vol. 50, no. 5, pp. 483–488. DOI: 10.1134/S1022795414050093.
- Loscutov I. G.* The role of molecular-biological research in the study of the gene pool of oats and its effective use in breeding (Rol' molekulyarno-biologicheskikh issledovanij v poznanii genofonda ovsa i ego ehffektivnom ispol'zovanii v selekcii). *Agrarian Russia*, 2008, no. 3, pp. 14–19 [in Russian] (*Лоскутов И. Г.* Роль молекулярно-биологических исследований в познании генофонда овса и его эффективном использовании в селекции // *Аграрная Россия*. 2008. № 3. С. 14–19).
- Malik A. H.* Nutrient uptake, transport and translocation in cereals: influences of environment and farming conditions // *Introductory paper at the faculty of Landscape planning, horticulture and agricultural science.*, 2009, 46 p.
- Nei M., Li W.* Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1979, vol. 76. pp. 5269–5273.
- Novoselskaya-Dragovich A. Yu., Krupnov V. A., Saifulin R. A., Pukhalskiy V. A.* Dynamics of Genetic Variation at Gliadin-Coding Loci in Saratov Cultivars of Common Wheat *Triticum aestivum L.* over Eight Decades of Scientific Breeding // *Russian Journal of Genetics*, 2003, vol. 39, no. 10, pp. 1338 [in Russian] (*Новосельская-Драгович А. Ю., Крупнов В. А., Сайфулин Р. А., Пухальский В. А.* Динамика генетического разнообразия саратовских сортов мягкой пшеницы *Triticum aestivum L.* (по глиадинкодирующим локусам) за 80-летний период научной селекции // *Генетика*. 2003. Т. 39, № 10. С. 1338).
- Novoselskaya-Dragovich A. Yu., Bespalova L. A., Shishkina A. A., Melnik V. A.* et all. Genetic diversity of common wheat varieties at the gliadin-coding loci // *Russian Journal of Genetics*, 2015, vol. 51, no. 3, pp. 324–334 [in Russian] (*Новосельская-Драгович*

- А. Ю., Беспалова Л. А., Шишкина А. А., Мельник В. А. и др. Изучение генетического разнообразия сортов мягкой озимой пшеницы по глиадинкодирующим локусам // Генетика. 2015. Т. 51, № 3. С. 324–334). DOI: 10.7868/S0016675815030108
- Ostapenko A. V., Tobolova G. V.* Application of electrophoresis of oat prolamins for the definition of grains F1 hybrid nature // Bulletin of KrasGAU, 2017, no. 2 (125), pp. 1–21 [in Russian] (*Остапенко А. В., Тоболова Г. В.* Применение метода электрофореза проламинов овса для определения гибридной природы зерен F1 // Вестник КрасГАУ. 2017. № 2 (125). С. 14–21).
- Ostapenko A. V., Tobolova G. V.* Studies of avenin polymorphism of oats varieties (*Avena sativa* L.) under condition of Tyumen region // Proceeding on applied botany, genetics and breeding, 2013, vol. 171, pp. 38–41 [in Russian] (*Остапенко А. В., Тоболова Г. В.* Изучение полиморфизма авенина сортов овса посевного (*Avena sativa* L.) в Тюменской области // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2013. Т. 171. С. 38–41).
- Perchuk I. N., Konarev A. V., Loskutov I. G., Blinova E. V.* et all. Protein markers, morphological and breeding-oriented characters in duplicate accession identification in the VIR (Russia) and Nordgen (Sweden) cultivated oat collections // Proceeding on applied botany, genetics and breeding, 2016, vol. 177, iss. 3, pp. 82–93 [in Russian] (*Перчук И. Н., Конарев А. В., Лоскутов И. Г., Блинова Е. В.* и др. Белковые маркеры, морфологические и селекционные признаки в идентификации дублетных образцов культурного овса в коллекциях ВИР (Россия) и нордического генного банка (Nordgen, Швеция) // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2016. Т. 177, вып. 3. С. 82–93). DOI: 10.30901/2227-8834-2016-3-82-93.
- Pomortsev A. A., Lyalina E. V., Kalabushkin B. A.* Hordein coding loci as barley genetic markers. // Bulletin of applied botani, genetics and plant breeding, 2009, vol. 165, pp. 32–36 [in Russian] (*Поморцев А. А., Лялина Е. В., Калабушкин Б. А.* Гордеинкодирующие локусы как генетические маркеры у ячменя // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2009. Т. 165. С. 32–36).
- Pomortsev A. A., Kudryavtsev A. M., Upelnik V. P., Konarev V. G.* et all. Method of conducting laboratory variety control for groups of agricultural plants (Metodika provedeniya laboratornogo sortovogo kontrolya po gruppam sel'skohozyajstvennyh rastenij), 2004, 96 p. [in Russian] (*Поморцев А. А., Кудрявцев А. М., Упельник В. П., Конарев В. Г.* и др. Методика проведения лабораторного сортового контроля по группам сельскохозяйственных растений. 2004. 96 с.).
- Portyanko V. A., Pomortsev A. A., Kalashnik N. A., Bogachkov V. I., Sozinov A. A.* The genetic control of avenins and the principles of classification // Russian Journal of Genetics, 1987, vol. 23, no. 5, pp. 845–853 [in Russian] (*Портянко В. А., Поморцев А. А., Калашник Н. А., Богачков В. И., Созинов А. А.* Генетический контроль авенинов и принципы их классификации // Генетика. 1987. Т. 23, № 5. С. 845–853).
- Sneath P. H., Sokal R. R.* Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification, 1973. 200 p.
- Zobova N. V., Onufrienok T. V., Chuslin A. A.* Polymorphism traits of Siberian barley prolamines // Achievements of Science and Technology of AIC, 2014, no 6, pp. 7–10 [in Russian] (*Зобова Н. В., Онуфриенко Т. В., Чуслин А. А.* Особенности полиморфизма проламинов сортов ячменя, возделываемых в Красноярском крае // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 6. С. 7–10).