

ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СИБИРСКИХ СОРТОВ ОВСА AVENA L. ПО СПЕКТРАМ АВЕНИНА

M.Z. Ibragimova, A.V. Ostapenko

GENETIC DIVERSITY OF SIBERIAN OATS VARIETIES AVENA L. CHARACTERISTICS ACCORDING TO THE SPECTRA OF AVENIN

Ибрагимова М.З. – асп. каф. растениеводства и плодородия Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: ib.ma.za@yandex.ru

Остапенко А.В. – асп., лаборант лаб. сортовой идентификации семян Государственного аграрного университета Северного Урала, г. Тюмень. E-mail: ostapenkoav88@yandex.ru

Ibragimova M.Z. – Post-Graduate-Student, Chair of Plant, Fruit and Vegetable Growing, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: ib.ma.za@yandex.ru

Ostapenko A.V. – Post-Graduate Student, Laboratory Assistant, Lab. of Quality Identification of Seeds, State Agrarian University, of Northern Ural Territory, Tyumen. E-mail: ostapenkoav88@yandex.ru

Авенин – это полиморфный, сортоспецифичный спирторастворимый запасной белок, успешно применяющийся для анализа генетического разнообразия овса. Компоненты авенина наследуются группами и контролируются тремя независимыми локусами Avn A, Avn B и Avn C. Целью исследования было изучение генетического разнообразия допущенных к использованию в Сибири сортов ярового овса по электрофоретическим спектрам авенина. На основе полученных электрофоретических спектров запасных белков проанализирован аллельный состав авенин-кодирующих локусов сортов овса посевного. Два из исследованных сортов были гетерогенными и состояли из 2 биотипов. По локусу Avn A не идентифицированы аллели для четырёх исследованных сортов. Возможно, эти аллельные варианты могут выступать в качестве маркеров адаптивности форм овса к сибирским условиям. По локусу Avn B в спектрах исследованных сортов обнаружено 5 различных аллелей, только один из них отсутствует в имеющихся каталогах. Два сорта гетерогенны по этому локусу. Межсортовые отличия по локусу Avn C минимальны: у 6 сортов идентифицирован вариант C2, у отдельных сортов выявлены аллели C1, C5 и C6. Все проанализированные сорта отличались друг от друга по компонентному составу авенина, что в большей степени свя-

зано с высоким уровнем полиморфизма проламинов, контролируемых локусом Avn B. Полученные результаты могут быть использованы для идентификации сортов, определения степени их родства, а также при контроле сортовой чистоты партий семян.

Ключевые слова: овёс, сорт, электрофорез, авенины, биотип, локусы, аллели.

Avenin is polymorphic, specific alcohol-soluble spare protein which is successfully applied to the analysis of a genetic variety of oats. Components of avenin are inherited by groups and controlled by three independent loci of Avn A, Avn B and Avn C. The research objective was studying of a genetic variety of the grades of summer oats recommended for using in Siberia on electroforetic ranges of avenin. On the basis of the received electroforetic ranges of spare proteins the allelic structure of the avenin-coding loci of grades of oats sowing were analyzed. Two of the studied grades were heterogeneous and consisted of 2 biotypes. On a locus of Avn A alleles for four studied grades were not identified. Perhaps, these allelic options can act as markers of adaptability of forms of oats to the Siberian conditions. On Avn B locus in ranges of the studied grades 5 various alleles were revealed, only one of them was missing in the available catalogues. Two grades were heterogeneous on this locus. Interhigh-quality differences on a locus of

Avn C were minimal: at 6 grades the C2 option was identified, at separate grades alleles of C1, C5 and C6 were revealed. All analyzed grades differed from each other on the component structure of avenin that was connected with the high level of polymorphism of the prolamin controlled by Avn B locus. The results can be used for variety identification, determination of the extent of their relationship, and also in control of varietal purity batches of seeds.

Keywords: *oats, grade, electrophoresis, avenins, biotype, loci, alleles.*

Введение. Для идентификации и регистрации сортов и биотипов зерновых культур успешно используется электрофорез запасных белков зерна – проламинов, состав спектров которых стабилен и не зависит от условий выращивания сортов. Полиморфным, сортоспецифичным и удобным для сортовой идентификации овса выступает спирторастворимый запасной белок – авенин [1–3].

Электрофоретические спектры проламина овса состоят из двух зон, соответствующих биохимическим фракциям α - и β -глиадинов пшеницы, а также зоны быстрых проламинов (БП). Каждая зона содержит определенное число по-

зиций, которые заняты электрофоретическими компонентами авенина. Эти компоненты наследуются группами (блоками) и контролируются тремя независимыми локусами: *Avn A*, *Avn B* и *Avn C* [2, 3].

Цель исследования. Изучить генетическое разнообразие допущенных к использованию в Сибири сортов ярового овса по электрофоретическим спектрам авенина.

Задачи: провести идентификацию аллелей по авенин-кодирующим локусам и составить генетические формулы для исследованных образцов; охарактеризовать генетические различия между сортами на основе полиморфизма по локусам *Avn A*, *Avn B* и *Avn C*.

Объекты и методы исследования. Материалом для исследования послужили образцы семян, полученных от оригинаторов, сортов овса посевного, возделываемых в пяти регионах Сибири. В Красноярском крае созданы и возделываются три из проанализированных сортов, а основные площади сортовых посевов овса в этом регионе занимают Саян и Сиг. Семь из исследованных образцов допущены к использованию (табл. 1, 2).

Таблица 1

Характеристика происхождения исследованных сортов овса

Сорт	Учреждение-оригинатор	Регион и год районирования	Происхождение
1	2	3	4
Аргумент	АНИИСХ	Западно-Сибирский регион, 2005	[Вперед х Львовский 1026] х [Алтайский 1 х Harmon (Канада)]
Голец	Красноярский НИИСХ	Восточно-Сибирский регион, 2008	Коллекционный образец ВИР (К-1931), Китай
Ровесник	СибНИИРС, Кемеровский НИИСХ	Восточно-Сибирский, Западно-Сибирский регионы, 1995	Химический мутант сорта Новосибирский 88
Саян	Красноярский НИИСХ, ВИР	Восточно-Сибирский регион, 1994	Таёжник х Grizzly
Сельма	ВНИИ сои, НИИСХ Северо-Востока	Восточно-Сибирский, Волго-Вятский, Дальневосточный регионы, 1975	Palu х Саха, Швеция

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Сиг	СибНИИ кормов	Западно-Сибирский регион, 2008	(Орел х Таёжник) х Сельма
Талисман	НИИСХ Северного Зауралья, Нарымская ГСС	Восточно-Сибирский, Западно-Сибирский, Дальневосточный регионы, 2002	Flamingsnova (к-13401) х Метис
Тубинский	Красноярский НИИСХ	Восточно-Сибирский регион, 2004	Flamingsvita (к-13851, ФРГ) х Л-523-6 (химический мутант Сельмы)

Таблица 2

Хозяйственная характеристика исследованных сортов овса

Сорт	Хозяйственная характеристика сорта
Аргумент	Разновидность <i>mutica</i> . Среднепоздний, вегетационный период 75–96 дней. Урожайность сухой массы 52,4 ц/га, максимальная 62,4 ц/га. Устойчивость к полеганию выше средней. Содержание белка в зерне 9,2–14,2%, масса 1000 зерен 36–45 г. Сорт устойчив к пыльной головне, умеренно восприимчив к корончатой ржавчине и бактериальному ожогу. Кормовой
Голец	Разновидность <i>inermis</i> . Среднеспелый, вегетационный период 84 дня. Средняя урожайность 19,6 ц/га. Ценный по качеству зерна. Содержание белка в зерне 16,52%, масса 1000 зёрен 20,0 г. Среднеустойчив к полеганию и осыпанию. Сильно восприимчив к пыльной головне
Ровесник	Разновидность <i>obtusata</i> . Раннеспелый, устойчив к полеганию и пыльной головне. Урожайность зерна 43,7 ц/га, масса 1000 зёрен 44–51 г, содержание белка в зерне 12,0–13,5%
Саян	Разновидность <i>aurea</i> . Среднеспелый, вегетационный период 86 дней. Ценный по качеству зерна. Урожайность 55 ц/га. Обладает хорошей устойчивостью к полеганию. Устойчив к пыльной головне
Сельма	Ценный по качеству зерна. Масса 1000 зёрен 40–42 г. Содержание белка в зерне 12,5–13,7%. Корончатой ржавчиной и пыльной головней поражается выше среднего, мучнистой росой и бактериальным ожогом – слабо
Сиг	Разновидность <i>aristata</i> . Средняя урожайность 30,1 ц/га. Устойчив к пыльной и твердой головне. Ценный по качеству зерна. Масса 1000 зёрен 35,7–43,8 г, содержание белка в зерне 9,3–12%
Талисман	Разновидность <i>mutica</i> . Среднеспелый, вегетационный период 77–89 дней. Средняя урожайность 31,5 ц/га. Содержание белка в зерне 9,3–15,4%. Устойчивость к полеганию выше средней. Сильно восприимчив к пыльной головне и корневой ржавчине, восприимчив к мучнистой росе. Ценный по качеству зерна
Тубинский	Разновидность <i>mutica</i> . Среднеспелый, вегетационный период 71–89 дней. Средняя урожайность 30,1 ц/га. Содержание белка в зерне 8,0–12,5%, масса 1000 зёрен 34–41 г. Устойчивость к полеганию средняя. Восприимчив к бактериальному ожогу, сильно восприимчив к пыльной головне, корончатой ржавчине и красно-бурой пятнистости. Зернофуражный

Электрофорез авенинов овса проводили в вертикальных пластинах полиакриламидного геля, применяя стандартную методику [7] с некоторыми модификациями [8]. В качестве стандарта при идентификации спектров использовали сорт овса Астор с формулой авенина *Avn* A2B4C2 [5, 9]. Для исследования сортов брали от 20 до 40 отдельных зёрен из образцов семян, полученных от оригинаторов сортов. Анализ проводили в лаборатории сортовой идентификации семян АТИ ГАУ Северного Зауралья (г. Тюмень).

Сорта овса могут быть гетерогенными (иметь несколько типов спектра) по компонентному составу авенина. К появлению полиморфного сорта приводят разные факторы, в том числе и особенности селекционного процесса. Также неоднородность может быть вызвана простым механическим засорением основного сорта зерновками других сортов [4–6]. При идентификации генотипов применяли следующие критерии: если спектры всех зерновок сорта одинаковы,

то сорт считали гомогенным; если присутствовали несколько типов спектров, незначительно отличающихся друг от друга и имеющих в сорте равные доли, – гетерогенным. Одиночные зерновки, отличающиеся по спектрам авенинов от основной массы зёрен сорта, расценивали как примесь.

Результаты исследования. Полученные электрофоретические спектры запасных белков позволили охарактеризовать состав сортов овса посевного по аллелям локусов авенина.

При исследовании сорта Аргумент обнаружено два типа спектров. Из исследованных зерновок только одна отличалась по спектру от остальных (аллелем по локусу *Avn* B). Генетическая формула авенина преобладающего числа зерновок – *Avn* A2B1C5 (рис. 1,а), отличающейся зерновки – *Avn* A2B4C5 (рис. 1,б), что, вероятно, связано с механическим засорением семян. Однако минимальное отличие второй формулы от первой может свидетельствовать о наличии минорного биотипа в сорте.

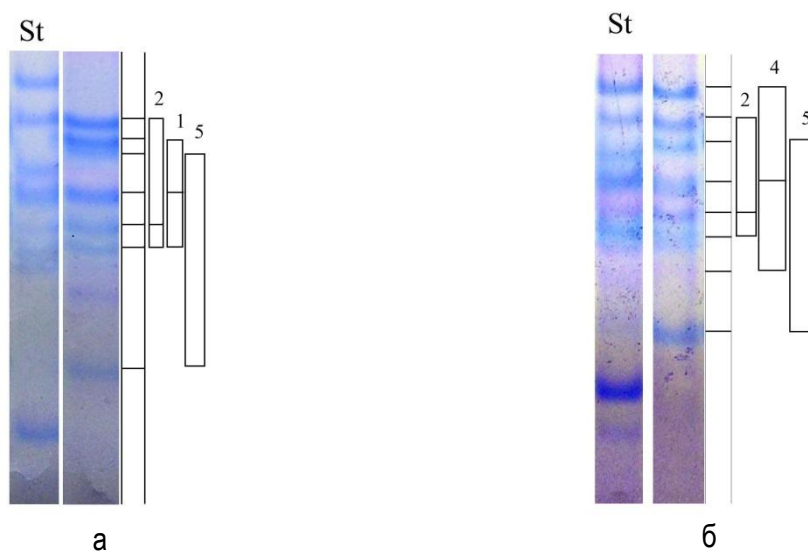


Рис. 1. Электрофоретические спектры и схемы авенинов сорта Аргумент (здесь и на остальных рисунках *St* – сорт Астор)

На электрофореграммах сорта Голец выявлено три типа спектров (рис. 2). Формула первого имела вид *Avn* A2B3C6. Спектр второго типа совпадал со спектром сорта Астор, его генетическая формула *Avn* A2B4C2. Формула третьего типа, встретившегося у одной зерновки, – *Avn* A2B3C3. Два первых типа спектров преоблада-

ют в сорте, их соотношение практически равно (8:10), третий отнесён к механической примеси. Таким образом, сорт Голец квалифицирован нами как гетерогенный, с генетической формулой авенина *Avn* A2B3+4C6+2.

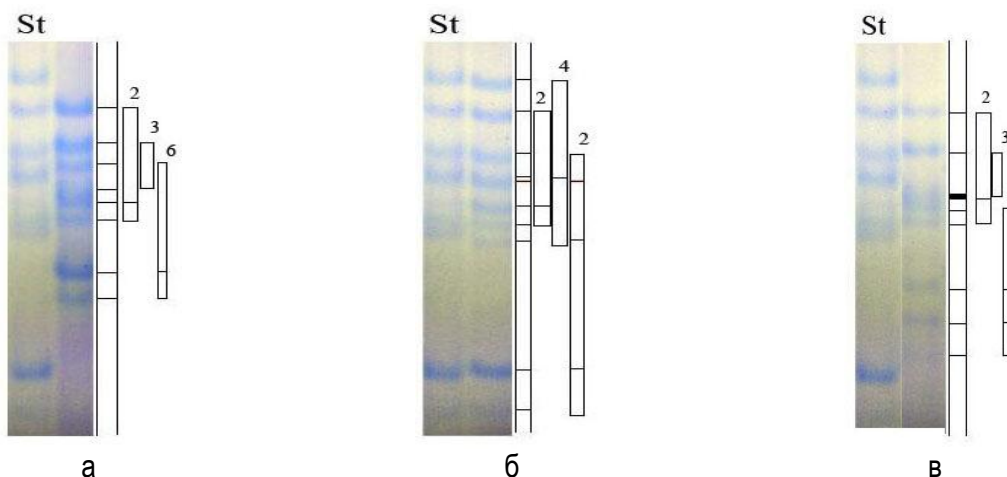


Рис. 2. Электрофоретические спектры и схемы авенинов сорта Голец: а, б – биотипы и в – примесь

Все проанализированные зерновки сорта Сиг имели идентичный спектр авенина, который описывался формулой *Avn* A2B5C2 (рис. 3, а). При проведении идентификации по авенин-кодирующим локусам спектра сорта Талисман не определён аллель по локусу *Avn* A, так как

имеющийся блок компонентов не описан в каталоге генетической номенклатуры. Формула этого сорта *Avn* Aned B4C2 (рис. 3, б). В партии семян сорта Талисман обнаружены 3 зерновки примеси.

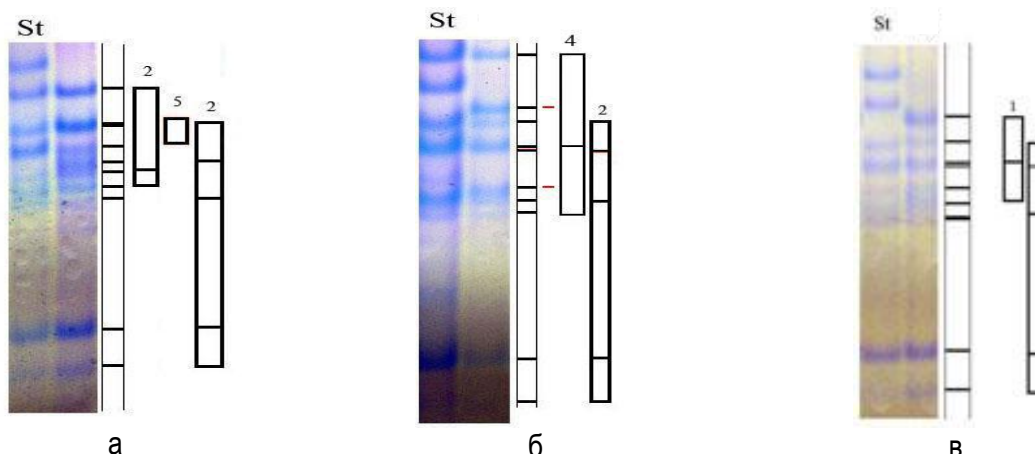


Рис. 3. Электрофоретические спектры и схемы авенинов сортов Сиг (а), Талисман (б), Тубинский (в)

На электрофореграмме сорта Тубинский выявлен один тип спектра с генетической формулой *Avn* AnedB1C2 (рис. 3, в).

В результате анализа электрофореграмм сорта Саян обнаружены спектры 4 типов. Преимущественно представлены спектры, описываемые генетической формулой *Avn* A5B1C2 (рис. 4). Остальные типы принадлежат четырём

зерновкам, которые отнесены к примеси, поскольку их электрофореграммы соответствуют спектрам других сортов (Голец, Сельма и Тубинский), возделываемых, как и сорт Саян, в Красноярском крае. В результате можно отметить, что только спектры первого типа соответствуют сорту Саян.

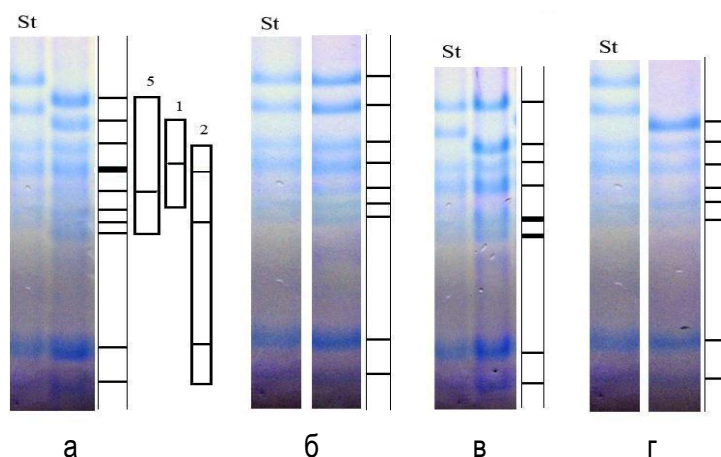


Рис. 4. Электрофоретические спектры и схемы авенинов сорта Саян (а) и сортовой примеси (б–г)

В сорте Ровесник идентифицирована только аллель по локусу *Avn C*. Аллели по локусам *Avn A* и *Avn B*, выявленные в спектре этого сорта, отсутствуют в каталоге генетической номенклатуры. Формула сорта *Avn AnedBnedC1* (рис. 5, а).

При исследовании сорта Сельма обнаружено два типа спектров, отличающихся по локусу *Avn B* (рис. 5, б). Аллель по локусу *Avn A* отсутству-

ет в каталоге. Формула первого типа спектра записана как *Avn AnedB4C2*, второго – *Avn AnedB1C2*. Соотношение зерновок с этими типами спектров в семенах сорта составляет 10:9, следовательно, сорт гетерогенен по компонентному составу авенина и имеет генетическую формулу *Avn AnedB4+1C2*.

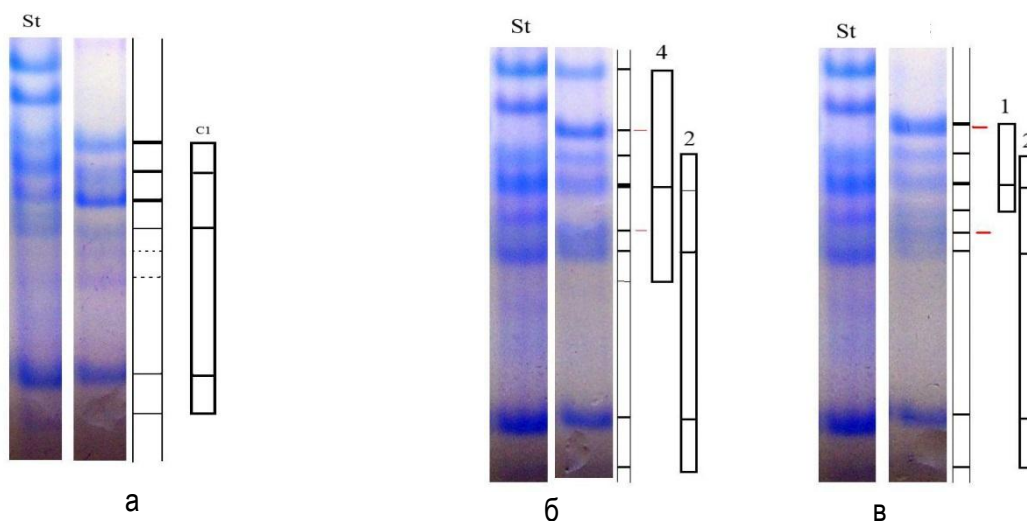


Рис. 5. Электрофоретические спектры и схемы авенинов сортов Ровесник (а), Сельма (б – I биотип, в – II биотип)

В таблице 3 приведены генетические формулы исследованных сортов по авенинокодирующим локусам. Два из исследованных сортов (Голец и Сельма) признаны гетерогенными и состояли из 2 биотипов, практически равно представленных в сорте. Голец – сорт голозёрного овса, а голозёрные формы часто имеют плёнчатые примеси, которые могут отли-

чаться по компонентному составу авенина. Второй сорт – Сельма – находится в производстве более 40 лет (с 1975 г.), что связано с его высоким адаптивным потенциалом, который часто определяется гетерогенной структурой сортов. Остальные сорта однородны по структуре, но каждый имеет уникальную формулу авенина.

По каждому из локусов отмечено от 1 до 4 аллельных вариантов. Для половины исследованных сортов аллели по локусу *Avn A* не идентифицированы ввиду отсутствия в каталоге, что может свидетельствовать об их уникальности и

редкой встречаемости. Преобладающая аллель по этому локусу *A2* (идентифицирован у 3 сортов), а вариант *A5* встретился только у одного сорта (табл. 3).

Таблица 3

Аллельные варианты по авенин-кодирующим локусам и формулы авенинов исследованных сортов овса

Сорт	<i>Avn</i>			Формула сорта
	A	B	C	
Аргумент	2	1	5	A2B1C5
Голец	2	4+3	2+6	A2B4+3C2+6
Ровесник	ned	ned	1	AnedBnedC1
Саян	5	1	2	A5B1C2
Сельма	ned	4+1	2	AnedB4+1C2
Сиг	2	5	2	A2B5C2
Талисман	ned	4	2	AnedB4C2
Тубинский	ned	1	2	AnedB1C2

По локусу *Avn B* в спектрах сортов Талисман, Сельма, Голец идентифицирована аллель *B4*. Аллель *B1* обнаружена у четырёх из восьми исследованных сортов – Аргумент, Саян, Сельма и Тубинский. Аллель *B5* идентифицирована только в сорте Сиг, *B3* – у биотипа сорта Голец.

По локусу *Avn C* самым распространённым оказалась аллель *C2*, отмеченная в спектрах сортов Талисман, Тубинский, Саян, Сельма, Голец и Сиг. Аллель *C5* выявлена в сорте Аргумент, *C1* – в сорте Ровесник, *C6* – в биотипе сорта Голец.

Выводы. При сравнении электрофореграмм по блокам компонентов авенина в спектрах некоторых исследованных сортов выявлены чужеродные примеси. С одной стороны, это свидетельствует о высокой разрешающей способности использованного метода идентификации авенинов, с другой – показывает, что для сохранения чистоты сортов даже их оригинаторами, кроме отбора по морфологическим признакам, необходим контроль генетического состава сорта.

По локусу *Avn A* для четырёх исследованных сортов не идентифицированы аллели, что может свидетельствовать о возможности использования этих вариантов в качестве маркеров адаптивности форм овса к сибирским условиям.

По локусу *Avn B* выявлено наибольшее разнообразие аллелей – 5, только один из них отсутствует в имеющихся каталогах. Два сорта гетерогенны по этому локусу. Межсортовые отличия по локусу *Avn C* минимальны, так как у 6 сортов идентифицирован вариант *C2*, у отдельных сортов выявлены аллели *C1*, *C5* и *C6*. Все исследованные сорта отличались друг от друга по формулам авенина, что в большей степени связано с высоким уровнем полиморфизма проламинов, контролируемых локусом *Avn B*.

Полученные результаты можно использовать при идентификации сортов и определении степени их родства, а также в сортовом контроле чистоты семян.

Литература

1. *Конарев В.Г.* Белки растений как генетические маркеры. – М.: Колос1983. – С. 320.
2. Идентификация сортов и регистрация генофонда культурных растений по белкам семян / *В.Г. Конарев, И.П. Гаврилюк, Н.К. Губарева* [и др.]. – СПб.: ВИР, 2000. – 186 с.
3. *Лоскутов И.Г., Губарева Н.К., Алпатьева Н.В.* Полиморфизм авенина в изучении дикорастущих видов овса // *Аграрная Россия*. – 2005. – № 2. – С. 43–48.

4. *Лоскутов И.Г.* Роль молекулярно-биологических исследований в познании генофонда овса и его эффективном использовании в селекции // *Аграрная Россия.* – 2008. – № 3. – С. 14–19.
5. Генетический контроль авенинов и принципы их классификации / *В.А. Портянко, А.А.Поморцев, Н.А. Калашникова* [и др.] // *Генетика.* – 1987. – Т. 23. – № 5. – С. 845–853.
6. Каталог сортов сельскохозяйственных культур, созданных учеными Сибири и включенных в Госреестр РФ (районированных) в 1929–2008 гг. Вып. 4. Т. 1 / *Рос. акад. с.-х. наук., Сиб. регион. отд-ние.* – Новосибирск, 2009. – 208 с.
7. *Bushuk W., Zillman R.R.* Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature // *Canadian Journal of Plant Science.* – 1978. – V. 58 (2). – P. 505–515.
8. *Остапенко А.В., Тоболова Г.В.* Изучение полиморфизма авенина сортов овса посевного (*Avena sativa* L.) в Тюменской области // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции.* – 2013. – Т.171. – С. 38–42.
9. *Портянко В.А., Поморцев А.А., Созинов А.А.* Внутри- и межсортной полиморфизм проламинов овса // *Докл. Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина.* – 1987. – Т.1. – С. 8–10.
2. Identifikacija sortov i registracija genofonda kul'turnyh rastenij po belkam semjan / *V.G Konarev, I.P. Gavriljuk, N.K. Gubareva* [i dr.]. – SPb.: VIR, 2000. – 186 s.
3. *Loskutov I.G., Gubareva N.K., Alpat'eva N.V.* Polimorfizm avenina v izuchenii dikorastushhih vidov ovsa // *Agrarnaja Rossija.* – 2005. – № 2. – S. 43–48.
4. *Loskutov I.G.* Rol' molekularno-biologicheskikh issledovanij v poznanii genofonda ovsa i ego jeffektivnom ispol'zovanii v selekcii // *Agrarnaja Rossija.* – 2008. – № 3. – S. 14–19.
5. Geneticheskij kontrol' aveninov i principy ih klassifikacii / *V.A. Portjanko, A.A.Pomorcev, N.A. Kalashnikova* [i dr.] // *Genetika.* – 1987. – Т. 23. – № 5. – S. 845–853.
6. Каталог сортов сельскохозяйственных культур, созданных учеными Сибири и включенных в Госреестр РФ (районированных) в 1929–2008 гг. Вып. 4. Т. 1 / *Рос. акад. с.-х. наук., Сиб. регион. отд-ние.* – Новосибирск, 2009. – 208 с.
7. *Bushuk W., Zillman R.R.* Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature // *Canadian Journal of Plant Science.* – 1978. – V. 58 (2). – P. 505–515.
8. *Ostapenko A.V., Tobolova G.V.* Izuchenie polimorfizma avenina sortov ovsa posevnogo (*Avena sativa* L.) v Tjumenskoj oblasti // *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции.* – 2013. – Т.171. – С. 38–42.
9. *Portjanko V.A., Pomorcev A.A., Sozinov A.A.* Vnutri- i mezhsortovoj polimorfizm prolaminov ovsa // *Dokl. Vsesojuz. akad. s.-h. nauk im. V.I. Lenina.* – 1987. – Т.1. – С. 8–10.

Literatura

1. *Konarev V.G.* Belki rastenij kak geneticheskie markery. – М.: Kolos1983. – S. 320.

