

## АГРОНОМИЯ AGRONOMY

Научная статья

УДК 633.111.1

doi: 10.34655/bgsha.2022.66.1.001

### ДИНАМИКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ КРАСНОЯРСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

**Вячеслав Владимирович Богданов**

Красноярский НИИ сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

bogdanov-v.v@mail.ru

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования динамики генетических изменений по глиадинкодирующим локусам в сортах. Идентифицированы аллели, определенные с использованием метода электрофоретического анализа зерна. Аллельный состав выявлен в десяти сортах яровой мягкой пшеницы, созданных в разные периоды времени в Красноярском НИИСХ. Электрофорез глиадинов выполняли по методике Поморцева в полиакриламидном геле в алюминий-лактатном буфере рН 3,1. Идентификацию аллельного состава осуществляли с использованием сорта Безостая 1 в качестве эталона. Всем сортам местной селекции свойственна индивидуальная генетическая формула. Показано, что в процессе селекции с течением времени происходит изменение генетического профиля вновь создаваемых сортов: теряется ряд аллелей, характерных для старых сортов, появляются новые аллели, изменяются частоты встречаемости аллелей. Наибольшую частоту встречаемости в селекционном материале за периоды исследований имели аллели *Gli-A1b*, *Gli-B1b*, *Gli-D2b*. У старых сортов (1969-2001) и современных (2009-2020) идентифицированы по 17 и 12 аллелей соответственно. Выявлено вымывание одиннадцати неадаптивных аллелей (*Gli-A1f*; *Gli-Bg*; *Gli-D1a*, *g*, *j*; *Gli-A2f*, *i*; *Gli-B2f*, *v*; *Gli-D2d*, *l*) и появление шести новых ранее не свойственных сортам красноярской селекции аллелей (*Gli-B1e*, *Gli-D1i*, *f*; *Gli-A2p*; *Gli-B2t*; *Gli-D2t*), вероятно несущих хозяйственно ценные признаки. Проведение мониторинга аллельного состава в локусах глиадинов имеет важное значение в управлении генетической структурой для определения аллельного состава, свойственного сортам, адаптированным к условиям окружающей среды, и возможности их использования в дальнейшей селекционной работе для этой зоны.

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, глиадины, исходный материал, адаптивность, генетическое разнообразие.

## DYNAMICS OF GENETIC DIVERSITY OF SOFT WHEAT VARIETIES OF KRASNOYARSK SELECTION

**Vyacheslav V. Bogdanov**

Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - separate subdivisions of Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center of the SB of RAS", Krasnoyarsk, Russia  
bogdanov-v.v@mail.ru

**Abstract.** *The paper presents the results of the dynamics genetic changes study on gliadin coding loci in varieties. Alleles determined by using electrophoresis grain analysis were identified. The allelic composition of ten varieties of spring soft wheat was identified. These ten varieties were created in different periods of time in the Krasnoyarsk Research and Development Institute of Agriculture of FRC KRC SB RAS. Electrophoresis of gliadins was performed according to the Pomortsev method in polyacrylamide gel in an aluminum-lactate buffer pH of 3.1. The identification of the allelic composition was carried out using the Bezostaya 1 variety as the reference. All varieties of the local selection are characterized by an individual genetic formula. It is shown that in the process of selection the genetic profile of newly created varieties changes: a number of alleles characteristic of old varieties are lost, new alleles appear, and occurrence of alleles frequencies changes. The highest frequency of occurrence in the breeding material for study periods the following alleles have had Gli-A1b, Gli-B1b, Gli-D2b. In varieties of the old (created from 1969 to 2001) and modern time periods (2009-2020), 17 and 12 alleles have been identified, respectively. The disappearance of eleven non-adaptive alleles (Gli-A1f; Gli-Bg; Gli-D1a, g, j; Gli-A2f, i; Gli-B2f, v; Gli-D2d, l) and the appearance of six new previously uncharacteristic alleles of Krasnoyarsk selection (Gli-B1e, Gli-D1i, f; Gli-A2p; Gli-B2t; Gli-D2t), probably bearing economically valuable traits, have been revealed. Monitoring of the allele composition in the gliadins loci is important for managing the genetic structure to determine the allelic composition characteristic of varieties adapted to environmental conditions and the possibility of their use in further breeding work for this zone.*

**Keywords:** spring soft wheat, gliadins, initial material, adaptability, genetic variety.

**Введение.** Мягкая пшеница занимает одно из важных мест в мировом сельскохозяйственном производстве и издревле используется человеком, но в Сибири к моменту ее освоения пшеница фактически не использовалась. Большую роль как хлебный злак играла рожь, занимавшая в начале прошлого столетия большую часть пахотных земель [1, 2].

В течение нескольких десятилетий с привлечением сортов иностранной селекции происходило формирование сортового потенциала яровой пшеницы в нашей стране, что позволило расширить ареал хозяйственного использования этой культуры и охватить все агроклиматические зоны [2].

При создании новых сортов необходим генетически разнообразный исходный материал разного эколого-географического происхождения, соответствующий

направлению селекции и сочетающий в себе высокую урожайность, качество зерна и устойчивость к факторам окружающей среды, что способствует уменьшению временного периода в получении нового сорта с необходимыми хозяйственно ценными признаками [3-7].

Исследование полиморфизма сортов мягкой пшеницы с использованием молекулярных маркеров позволяет различать отдельные сорта и выявлять генетические особенности сортов разных стран и селекционных центров, данный аспект способствует наиболее тщательному ведению отбора генетической частоты и маркированию селекционно-значимых признаков у линий, исключая при этом нежелательные [8].

Большое количество аллельных вариантов глиадинкодирующих локусов позволяет записывать формулу глиадина, соответствующую определенному сорту и

являющуюся генетическим паспортом образца, используемого для идентификации семян пшеницы [9].

Менделеевская сегрегация аллелей при гибридологическом анализе, множественный аллелизм и кодоминантность наследования являются преимуществами глиадинкодирующих локусов. Значимой задачей генетики становится идентификация генотипов и паспортизация сортов в связи с необходимостью мониторинга внутривидового генетического разнообразия в разных географических регионах для сохранения генофонда, подлинности сортов и их родословных [10].

Современные сорта имеют узкую генетическую основу, связанную с постепенным уменьшением количества разнообразного исходного материала под влиянием естественного и искусственного отбора, определяющего преобладание в сортах компонентов глиадина генотипов, приспособленных к местным условиям выращивания и не меняющихся под влиянием условий внешней среды, что даёт возможность использовать их в качестве маркеров связанных с ними комплексов генов хозяйственно ценных признаков. В результате в последнее время приобретает актуальность проблема генетической эрозии [11-14].

Для определения степени сужения генетического разнообразия в ходе многолетнего искусственного отбора необходимо проведение исследования генофонда местных пшениц. Изучение динамики генетических процессов у сортов мягкой яровой пшеницы позволяет оценить раз-

нообразии аллельного состава и изучить уровень генетической эрозии.

**Цель исследования.** Провести генетический мониторинг белковых маркеров у сортов мягкой яровой пшеницы за длительный период исследований для изучения динамики изменения аллельного состава глиадинов.

**Материалы и методы исследования.** Исследования выполнялись на собственной лабораторной базе. В ходе выполнения работы изучали аллельный состав глиадинов 10 сортов мягкой яровой пшеницы, созданных в Красноярском научно-исследовательском институте в разные временные периоды. При проведении электрофоретического анализа брали навеску 100 г от каждого сорта, из которой отбирали 100 зерновок, используемых в электрофорезе. Электрофорез проводили в полиакриламидном геле в алюминий-лактатном буфере pH 3,1 при напряжении 300 V и силе тока 40 mA [15]. В качестве эталона использовали сорт Безостая 1 с генетической формулой Gli-A1b, Gli-B1b, Gli-D1b, Gli-A2b, Gli-B2b, Gli-D2b. Идентификацию аллельного состава проводили путем сравнения компонентов электрофореграммы изучаемого образца с компонентами эталонного сорта [16]. **Результаты исследований и их обсуждение.** Материалом для исследования послужили сорта красноярской селекции, которые были распределены на два периода в зависимости от года создания, характеристика показана в таблицах 1, 2.

**Таблица 1** – Характеристика старых сортов яровой пшеницы красноярской селекции по родительским формам

Название сорта	Происхождение	Год создания
Зарница	Скала × Саратовская 29	1969
Таежная	Зарница × (Саундрес × Скала)	1975
Ветлужанка	Бурятская × Мана	1989
Черемшанка	(3-7527 × Дмитровка 5-18) × 3-7527	1994
Мана 2	(Т-336 × К-43389) × (Тулунская 12 × Ботаническая 6)	2001

Источниками ассоциаций генов, передающихся потомкам в результате селек-

ции, являются родительские формы, контролирующие разнообразие аллельного

**Таблица 2** – Характеристика сортов яровой пшеницы красноярской селекции по родительским формам современного периода времени

Название сорта	Происхождение	Год создания
Свирель	Омская 3 × КС-540	2009
Курагинская 2	КС-817 × Казахстанская 10	2012
Красноярская 12	РГ-5-1 × Лютесценс 375	2012
Канская	(Алтайская 98 × Г-17-1) × Алтайская 98	2014
Бейская	Экада 70 × К-295-2	2020

состава сортов пшеницы, которое изменяется в результате селекционного процесса с привлечением сортообразцов, несущих новые аллели, маркирующие определенные ценные признаки. Вследствие длительного использования сортов в селекционном процессе со схожим аллельным набором белковых маркеров и вымывания аллелей, не адаптивных к условиям окружающей среды, может наблюдаться генетическая эрозия, приводящая к обеднению генофонда и как ре-

зультат – потери возможности быстрого реагирования на изменение условий окружающей среды.

В результате проведенного исследования яровой мягкой пшеницы идентифицирован аллельный состав сортов, созданных в разные годы с использованием разнообразных родительских форм. Характеристика распределения аллельного состава у старых сортов и сортов современного периода времени представлена в таблицах 3, 4.

**Таблица 3** – Аллельный состав глиадинов старых сортов мягкой пшеницы

Название сорта	Наличие локусов						Всего аллелей в сорте	Всего компонентов в спектре сорта
	<i>Gli-A1</i>	<i>Gli-B1</i>	<i>Gli-D1</i>	<i>Gli-A2</i>	<i>Gli-B2</i>	<i>Gli-D2</i>		
<b>Безостая 1</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	6	24
Зарница	b	b	j	f	v	b	6	15
Таежная	b	-	b	-	f	b	4	13
Ветлужанка	-	g	g	-	-	d	3	17
Черемшанка	f	b	a	i	-	l	5	11
Мана 2	b	-	-	b	b	-	3	10
Всего аллелей в локусах, шт.	4	3	4	3	3	4		Ср. 13,5

**Таблица 4** – Аллельный состав глиадинов сортов мягкой пшеницы современного периода времени

Название сорта	Наличие локусов						Всего аллелей в сорте	Всего компонентов в спектре сорта
	<i>Gli-A1</i>	<i>Gli-B1</i>	<i>Gli-D1</i>	<i>Gli-A2</i>	<i>Gli-B2</i>	<i>Gli-D2</i>		
<b>Безостая 1</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	6	24
Свирель	b	b	i	p	b	b	6	19
Курагинская 2	-	b	f	-	-	i	3	17
Красноярская 12	b	e	b	b	t	b	6	20
Канская	b	-	i	b	b	d	5	21
Бейская	-	b	f	p	-	b	4	17
Всего аллелей в локусах, шт.	3	4	5	4	3	5		Ср. 19

Рассмотрев аллельный состав сортов разных периодов времени, созданных в одном селекционном центре, отмечено, что все они отличаются от эталонного сорта и имеют индивидуальные генетические формулы с разным аллельным составом в локусах глиадинов. Максимальным составом аллелей характеризуются локусы Gli-A1, Gli-D1, Gli-D2 и Gli-B1, Gli-D1, Gli-D2, а также необходимо

отметить сорта с максимальным количеством аллелей в генотипе Зарница (*b.b.j.f.v.b*) и Свирель (*b.b.i.p.b.b*), Красноярская 12 (*b.e.b.b.t.b*) среди сортов старых и современного периода времени соответственно.

У сортов красноярской селекции разных периодов времени определена частота встречаемости аллелей (рис. 1, 2).

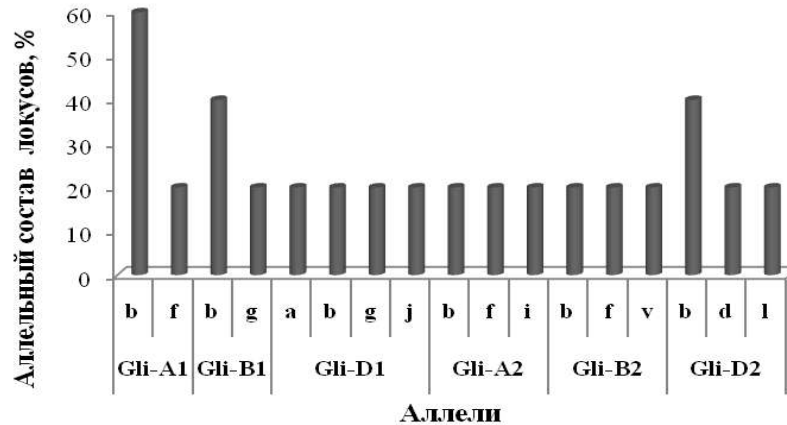


Рисунок 1. Частота встречаемости аллелей глиадинкодирующих локусов у старых сортов

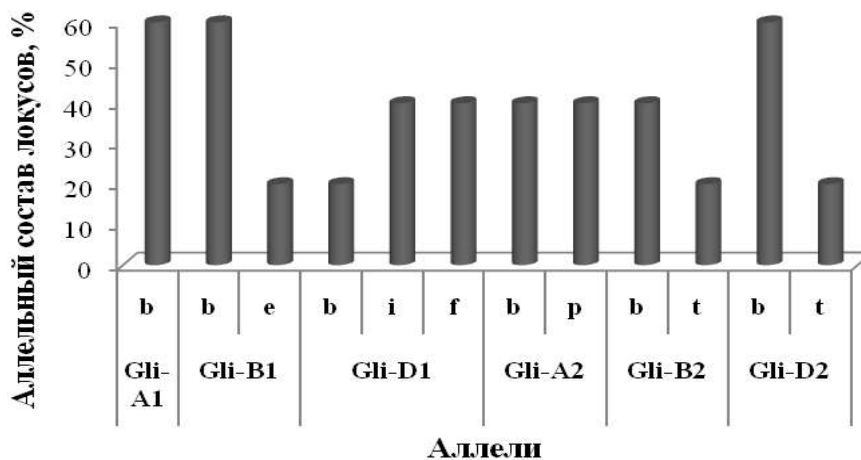


Рисунок 2. Частота встречаемости аллелей глиадинкодирующих локусов у сортов современного периода

В сортах красноярской селекции в трех локусах – Gli-A1, Gli-B1, Gli-D2 – преобладают аллели, свойственные эталонному сорту Безостая 1. У сортов современного периода времени частота встречаемости аллеля b увеличилась и составляет в локусе Gli-B1 (60%), Gli-A2 (40%), Gli-B2 (40%), Gli-D2 (60%). Вероятно, это является результатом того, что данный сорт и сорта, созданные с его участием, активно использовались в селекционных

программах.

Способность организма приспосабливаться к определенной среде называют его адаптивностью. К условиям произрастания адаптация растений может происходить за счет модификационной и генотипической изменчивости. Генотипическая адаптация используется, в основном, в селекционном процессе и обеспечивает изменение генотипа в сторону усиления приспособленности сорта к опреде-

ленным природно-климатическим условиям [17].

При идентификации аллельного состава выявлено 17 и 12 аллелей, характерных для сортов старых и современного периода соответственно [18]. Отмечено незначительное снижение разнообразия аллельного состава. В сортах современного периода времени выявлено вымывание одиннадцати неадаптивных аллелей (Gli-A1f; Gli-Bg; Gli-D1a, g, j; Gli-A2f, i; Gli-B2f, v; Gli-D2d, l) и появление шести новых, ранее не свойственных сортам аллелей красноярской селекции (Gli-B1e, Gli-D1i, f; Gli-A2p; Gli-B2t; Gli-D2t), возможно маркирующих новые хозяйственно ценные признаки. Необходимо отметить и увеличение компонентного состава в электрофоретических спектрах сортов современного периода времени, которое, в среднем, возросло на пять компонентов.

Одна из причин утраты аллелей – это использование в селекционной работе одних и тех же генотипов – сортов и линий. Однако в нашем исследовании – это, скорее, результат влияния климатических условий и вымывание неадаптивных аллелей, так как при создании новых сортов красноярской селекции использовался разнообразный исходный материал сортообразцов пшеницы не только местных линий, но также сортообразцов из других селекционных центров и даже стран.

Система генетических маркеров имеет важное значение и может быть использована при решении задач генетики и селекции, а именно для анализа и управления генетической структурой для оценки, поддержания генетического разнообразия, привнесения новых аллельных вариантов и недопущения появления генетической эрозии.

**Заключение.** Проведенный анализ полиморфизма мягкой яровой пшеницы по глиадинокодирующим локусам представляет собой мониторинг, позволяющий выявлять тенденции генетических процессов в сортах в течение длительного исторического периода, а также более тщательно вести отбор и отслеживать гене-

тическую чистоту. Под влиянием климатических условий региона и искусственного отбора, проводимого селекционерами, за годы многолетней селекционной работы у сортов красноярской селекции произошла частичная смена аллельного состава белковых маркеров. Аллельный состав глиадинов сортов мягкой пшеницы – важный параметр при анализе и управлении генетической структурой.

Сорта современного периода с выявленными новыми и устойчивыми ассоциациями аллелей, адаптационной способностью к разнообразным природно-климатическим условиям Красноярского края могут быть использованы в дальнейшем селекционном процессе как ценный генетический материал.

#### Список источников

1. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика). Москва : «Агрорус», 2004. 1112 с.
2. Якубцинер М.М. К истории культуры пшеницы. М-Л., 1956. 747 с.
3. Конарев А.В. Использование молекулярных маркеров в решении проблем генетических ресурсов растений и селекции // Аграрная наука. 2006. № 6. С. 4-22.
4. Тоболова Г.В. Определение компонентного состава глиадинов у сортов семян пшеницы Тюменской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 4. С. 34-37.
5. Valcheva D., Mihova G., Valchev D.R., Venkova I.V. Influence of environmental conditions on the yield of regional varieties of barley // Field Crop Studies. 6 (1). 2010. Pp. 7-16.
6. Упелниек В.П., Новосельская-Драгович А.Ю., Трифонова А. От фенотипа – к генотипу: двухуровневая паспортизация сортов пшеницы // Селекция, семеноводство и генетика. 2016. № 5. С. 25-29.
7. Фисенко А.В., Упелниек В.П., Калмыкова Л.П., Кузнецова Н.Л., Драгович А.Ю. Взаимосвязь между составом глиадинов, морфологией колоса и качеством зерна у яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 9. С. 24-27.
8. Metakovsky E.V. Genetic diversity of French common wheat germplasm based on gliadin alleles // Theor. Appl. Genet. 1998. V. 96. Pp. 209-218.

9. Созинов А.А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. Москва: Наука, 1985. 272 с.

10. Новосельская-Драгович А.Ю., Фисенко А.В., Пухальский В.А. Генетическая дифференциация сортов мягкой пшеницы с использованием множественных аллелей глиадинокодирующих локусов // Генетика. 2013. Т. 49. № 5. С. 487-496.

11. Bome N.A., Tetyannikov N.V., Bome A.Ya., Kovaleva O.N. Ecological and Biological Studies of Collection of the Genus *Hordeum* L. // *Temperate Crop Science and Breeding. Ecological and Genetic Studies*: Apple Academic Press. 2016. Pp. 305-322.

12. Мельникова Е.Е., Букреева Г.И., Беспалова Л.А. и др. Динамика генетического разнообразия сортов и линий мягкой пшеницы краснодарской селекции по аллелям глиадинокодирующих локусов // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3. С. 51-53.

13. Любимова А.В., Еремин Д.И. Электрофорез запасных спирторастворимых белков зерна как основа лабораторного сортового контроля зерновых культур // АПК России. Т. 24. 2017. № 5. С. 1117-1121.

14. Богданов В.В., Зобова Н.В. Характеристика компонентного состава линий яровой мягкой пшеницы красноярской селекции // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы V Международной научно-практической конференции. Киров, 2019. С. 73-75.

15. Поморцев А.А., Кудрявцев А.М., Конарев В.Г. и др. Методика проведения лабораторного сортового контроля по группам сельскохозяйственных растений. Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 96 с.

16. Упельник В.П., Новосельская-Драгович А.Ю., Шишкина А.А. Лабораторный анализ белков семян пшеницы: технологическая инструкция. Москва: ФГБУН ИОГен им. Н.И. Вавилова РАН, 2013. 173 с.

17. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев, 1980. 588 с.

18. Богданов В.В. Сравнительный анализ полиморфизма глиадинов сортов мягкой яровой пшеницы красноярской и алтайской селекции // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2021. № 1(62). С. 6-12.

## References

1. Zhuchenko A.A. Resursnyi potentsial proizvodstva zerna v Rossii [Resource potential of grain production in Russia.]. Moscow. Agrorus, 2004. 1110 p. (In Russ.)

2. Iakubtsiner M.M. K istorii kultury pshenitsy [On the history of wheat culture ]. Moscow-Leningrad. 1956. 747 p. (In Russ.)

3. Konarev A.V. Ispolzovanie molekuliarnykh markerov v reshenii problem geneicheskikh resursov rastenii i seleksii. *Agrarnaia nauka*. 2006;6:4-22 (In Russ.)

4. Tobolova G.V. Determining the component composition of gliadin strong wheat varieties in the Tyumen region. *Siberian herald of agricultural science*. 2008;4:34-37 (in Russ.)

5. Valcheva D., Mihova G., Valchev D.R., Venkova I.V. Influence of environmental conditions on the yield of regional varieties of barley. *Field Crop Studies*. 2010;6(1):7-16.

6. Upelniek V.P., Novoselskaia-Dragovich A.Iu., Trifonova A. Ot fenotipa – k genotipu: dvukhurovnevaia pasportizatsiia sortov pshenitsy. *Selektsiia, semenovodstvo i genetika*. 2016;5:25-29 (In Russ.)

7. Fisenko A.V., Upelniek V.P., Kalmykova L.P., Kuznetsova N.L., Dragovich A.Yu. Relationship between the gliadin composition, ear morphology and grain quality of spring wheat. *Achievements of science and technology APK*. 2018;32(9):24-27 (In Russ.)

8. Metakovsky E.V. Genetic diversity of French common wheat germplasm based on gliadin alleles. *Theor. Appl. Genet.* 1998;96:209-218.

9. Sozinov A.A. Polimorfizm belkov i ego znachenie v genetike i seleksii [Protein polymorphism and its significance in genetics and breeding.]. Moscow. Nauka, 1985. 272 p. (In Russ.)

10. Novoselskaia-Dragovich A. Iu., Fisenko A.V., Pukhalskii V.A. Genetic differentiation of common wheat cultivars using multiple alleles of gliadin-coding loci. *Russian journal of genetics*. 2013;49(5):487-496 (In Russ.)

11. Bome N.A., Tetyannikov N.V., Bome A.Ya., Kovaleva O.N. Ecological and Biological Studies of Collection of the Genus *Hordeum* L. // *Temperate Crop Science and Breeding. Ecological and Genetic Studies*: Apple Academic Press. 2016. Pp. 305–322.

12. Melnikova E.E., Bukreeva G.I., L.A. Bepalova i dr. Dynamics of genetic diversity of cultivars and lines of common wheat of

Krasnodar breeding on the alleles of gliadin encoding loci // *Achievements of science and technology APK*. 2016;30(3):51-53 (In Russ.)

13. Liubimova A.V., Eremin D.I. Electrophoresis of reserve alcohol-soluble grain proteins as a basis for laboratory varietal control of cereals. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2017;24(5):1117-1121 (In Russ.)

14. Bogdanov V.V., Zobova N.V. Kharakteristika komponentnogo sostava linii yarovoi myagkoi pshenitsy Krasnoiarskoi selektsii [Characteristics of the component composition of lines of spring soft wheat of the Krasnoyarsk breeding] *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Metody i tekhnologii v selektsii rastenii i rasteniievodstve"* [Methods and technologies in plant breeding and crop production. Proc. of V Int. Sci. and Pract. Conf.]. Kirov. 2019. Pp. 73-75 (In Russ.)

15. Pomortsev A.A., Kudriavtsev A.M.,

Konarev V.G. et al. Metodika provedeniia laboratornogo sortovogo kontrolya po gruppam selskokhoziaistvennykh rastenii [Methodology for conducting laboratory varietal control on groups of agricultural plants]. Moscow. Rosinformagrotekh. 2004. 96 p. (In Russ.)

16. Upelnik V.P., Novoselskaia-Dragovich A.Yu., Shishkina A.A. Laboratornyi analiz belkov semian pshenitsy: Tekhnologicheskaya instruksiia [Laboratory analysis of wheat seed proteins: Technological instruction]. Moscow. 2013. 173 p. (In Russ.)

17. Zhuchenko A.A. Ekologicheskaya genetika kulturnykh rastenii [Ecological genetics of cultivated plants]. Kishinev. 1980. 588 p. (In Russ.)

18. Bogdanov V.V. Comparative analysis of gliadin polymorphism of varieties spring soft wheat of Krasnoyarsk and Altai selection. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2021;1(62):6-12.

#### Информация об авторе

**Вячеслав Владимирович Богданов** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией генетики

#### Information about the author

**Vyacheslav V. Bogdanov** – Candidate of Science (Biology), Leading Staff Scientist, Head of the Genetics Laboratory.

Статья поступила в редакцию 25.01.2022; одобрена после рецензирования 17.02.2022; принята к публикации 18.02.2022.

The article was submitted 25.01.2022; approved after reviewing 18.02.2022; accepted for publication 18.02.2022.