

Научная статья  
УДК 633.11«321»:631.524.86(571.63)  
DOI: 10.37102/0869-7698\_2023\_229\_03\_5  
EDN: ZIMKPM

## Оценка сортообразцов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на устойчивость к фузариозу колоса и бурой листовой ржавчине в Приморском крае

И.В. Коновалова, Г.А. Муругова<sup>✉</sup>, А.Г. Клыков, П.М. Богдан

*Инна Витальевна Коновалова*

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,  
Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока  
им. А.К. Чайки, Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия  
konovalovainna@list.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-1836-5342>

*Галина Александровна Муругова*

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник  
Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока  
им. А.К. Чайки, Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия  
gal.murugova@yandex.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-4203-851X>

*Алексей Григорьевич Клыков*

доктор биологических наук, академик РАН  
Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока  
им. А.К. Чайки, Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия  
alex.klykov@mail.ru  
<http://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

*Полина Михайловна Богдан*

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник  
Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока  
им. А.К. Чайки, Уссурийск, пос. Тимирязевский, Россия  
polina\_bogdan84@mail.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-3052-5521>

**Аннотация.** Представлены результаты оценки исходного материала яровой и озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения на устойчивость к фузариозу колоса (*Fusarium graminearum* Schwabe), бурой листовой ржавчине (*Puccinia triticina*

Erikss.) и по хозяйственно ценным признакам в условиях Приморского края. Исследования проведены в ФГБНУ «ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2010–2022 гг. В результате иммунологической оценки на естественном инфекционном фоне 431 сортообразца яровой и озимой мягкой пшеницы коллекции ВИР выделены сорта-источники с комплексом ценных признаков (устойчивость к бурой листовой ржавчине и фузариозу колоса, масса зерна с растения, адаптивность и др.): яровая пшеница – Латона, Эритроспермум 51/5 (Россия), Glenlea (Канада), Long 98-5211-1, Long 98-4081 (Китай), озимая пшеница – Афина, Грация, Кума, Зимница, Спартак, которые рекомендованы для селекции. К высокопластичным и стабильным ( $b_i > 1$ ,  $S^2d_i = 0$ ), отзывчивым на улучшения условий произрастания и характеризующимся стабильной продуктивностью относятся сорта интенсивного типа: Эритроспермум 51/5, Long 98-5211-1, Glenlea, Кума. Низкопластичными и стабильными ( $b_i < 1,0$  и  $S^2d_i = 0,0$ ), слабо реагирующими на изменение условий среды являются сорта Приморская 40 и Спартак, которые лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат. Наибольшая гомеостатичность и селекционная ценность отмечены у сортов Спартак ( $Hom = 36,4$  и  $Sc = 4,6$ ), Зимница ( $Hom = 38,0$  и  $Sc = 4,9$ ), Грация ( $Hom = 47,1$  и  $Sc = 8,9$ ). Выделены сорта-источники яровой и озимой мягкой пшеницы по устойчивости к болезням и другим ценным признакам, используемые в селекционном процессе для создания новых генотипов.

**Ключевые слова:** яровая и озимая пшеница, сорт, линия, устойчивость, бурая листовая ржавчина, фузариоз колоса

**Для цитирования:** Коновалова И.В., Муругова Г.А., Клыков А.Г., Богдан П.М. Оценка сортообразцов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на устойчивость к фузариозу колоса и бурой листовой ржавчине в Приморском крае // Вестн. ДВО РАН. 2023. № 3. С. 43–55. [http://doi.org/10.37102/0869-7698\\_2023\\_229\\_03\\_5](http://doi.org/10.37102/0869-7698_2023_229_03_5).

Original article

## Evaluating accessions of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) for resistance to fusarium ear blight and brown leaf rust in Primorsky Territory

I.V. Konovalova, G.A. Murugova, A.G. Klykov, P.M. Bogdan

*Inna V. Konovalova*

Candidate of Sciences in Agriculture, Senior Researcher  
Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,  
Ussuriysk, Timiyazevsky village, Russia  
[konovalovainna@list.ru](mailto:konovalovainna@list.ru)  
<http://orcid.org/0000-0003-1836-5342>

*Galina A. Murugova*

Candidate of Sciences in Agriculture, Senior Researcher  
Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,  
Ussuriysk, Timiyazevsky village, Russia  
[gal.murugova@yandex.ru](mailto:gal.murugova@yandex.ru)  
<http://orcid.org/0000-0003-4203-851X>

*Aleksei G. Klykov*

Doctor of Sciences in Biology, Academician of the Russian Academy of Sciences  
Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,  
Ussuriysk, Timiyazevsky village, Russia  
fe.smc\_rf@mail.ru  
<http://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

*Polina M. Bogdan*

Candidate of Sciences in Agriculture, Senior Researcher  
Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A.K. Chaika,  
Ussuriysk, Timiyazevsky village, Russia  
polina\_bogdan84@mail.ru  
<http://orcid.org/0000-0003-3052-5521>

**Abstract.** The paper evaluates starting material of spring and winter soft wheat of different geographical origin for resistance to fusarium ear blight (*Fusarium graminearum* Schwabe) and brown leaf rust (*Puccinia triticina* Erikss.) as well as for the main economically important traits under the conditions of Primorsky Krai. The research was conducted at FSBSI “A.K. Chaika FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East” in 2010–2022. Immunological evaluation was conducted using 431 accessions of spring and winter soft wheat from the collection of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) under natural conditions. The following source varieties were selected for a complex of important traits (resistance to brown leaf rust and fusarium ear blight, kernel weight per plant, adaptability, etc.): spring wheat – Latona, Ehrhrospermum 51/5 (Russia), Glenlea (Canada), Long 98-5211-1 and Long 98-4081 (China); winter wheat – Afina, Gratsiya, Kuma, Zimnitsa, Spartak, which can be recommended for further breeding. Intensive wheat varieties Ehrhrospermum 51/5, Long 98-5211-1, Glenlea, and Kuma were characterized by high plasticity, stability ( $b_i > 1$ ,  $S^2d_i = 0$ ), sensitivity to the improvement of growing conditions, and stable productivity. Varieties Primorskaya 40 and Spartak, which had low plasticity and stability ( $b_i < 1.0$  и  $S^2d_i = 0.0$ ) and weakly responded to changes in environmental conditions, can be recommended to use in extensive farming where they were able to yield a maximum output with a minimum input. The lowest trait variation and highest breeding value was noted in varieties Spartak ( $Hom = 36.4$  and  $Sc = 4.6$ ), Zimnitsa ( $Hom = 38.0$  and  $Sc = 4.9$ ), and Gratsiya ( $Hom = 47.1$  and  $Sc = 8.9$ ). The source varieties of spring and winter wheat selected for their resistance to diseases and other important traits can be used in breeding programs to create new genotypes.

**Keywords:** spring and winter wheat, variety, line, resistance, brown leaf rust, fusarium ear blight

**For citation:** Konovalova I.V., Murugova G.A., Klykov A.G., Bogdan P.M. Evaluating accessions of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) for resistance to fusarium ear blight and brown leaf rust in Primorsky Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2023;(3):43-55. (In Russ.). [http://doi.org/10.37102/0869-7698\\_2023\\_229\\_03\\_5](http://doi.org/10.37102/0869-7698_2023_229_03_5).

## Введение

Пшеница (*Triticum aestivum* L.) является основной зерновой культурой в мире. Ее потребляют в пищу свыше половины населения земного шара, среди зерновых она ведущая по занимаемым площадям и валовому сбору зерна. Посевные площади пшеницы в России составляют около 40 млн га, валовые сборы – 40–50 млн т. В Дальневосточном регионе, по данным Росстата, динамика посевной площади пшеницы за последние 13 лет варьировала от 12,8 тыс. га в 2010 г. до 6,7 тыс. га в 2022 г., средняя урожайность составляет 23,8 ц/га [1, 2].

Среди неблагоприятных биотических факторов, влияющих на величину урожая культуры, особое место принадлежит грибным болезням. Муссонный климат

Приморского края благоприятствует развитию различных патогенов сельскохозяйственных культур в период их вегетации [3–5]. Вспышки болезней в крае проявляются ежегодно, что позволяет провести оценку поражаемости сортов бурой листовой ржавчиной (возбудитель *Puccinia triticina*) и фузариозом колоса (возбудитель *Fusarium graminearum*), приносящими значительный ущерб и заметно ухудшающими качество зерна пшеницы. Потери урожая во время массового распространения и максимального развития болезней могут составлять 40–80 % [6–10].

Ржавчину пшеницы вызывает базидиальный грибок *Puccinia recondita*. Болезнь проявляется на листьях и стеблях растения в виде желтых, черных и коричневых мелких пузырей (пустул), в которых развиваются споры гриба. Вначале пустулы прикрыты эпидермисом. По мере развития заболевания они лопаются и выбрасывают желтый или оранжевый порошок – споры, которые рассеиваются на соседние растения и заражают их. Наибольшее развитие болезни наблюдается в фазе цветения пшеницы. Вспышки инфекции возникают после затяжных дождей при температуре воздуха +20...+25 °С [11–14].

Фузариоз колоса – вредоносная болезнь растения, поражающая все зерновые культуры. Ее возбудителем является фитопатогенный гриб из рода *Fusarium*, который поражает завязь во время цветения. К моменту вызревания растения образуются грибница и конидиома (красноватые подушки) практически на всех надземных органах. Наиболее благоприятные для развития инфекции условия – температура в пределах от +20 до +30 °С в сочетании с влажностью воздуха 75 % и выше [15–17].

При выведении новых сортов важная роль отводится подбору источников, используемых в селекционном процессе, обладающих групповой устойчивостью к различным патогенам, так как на практике встречаются несколько возбудителей болезней, которые в комплексе могут вызывать значительные потери [18, 19].

В связи с этим изучение и выделение сортов-источников устойчивости к фузариозу колоса и бурой листовой ржавчине мягкой пшеницы в Приморском крае особенно актуальны.

Цель работы – оценить и выделить сортообразцы яровой и озимой мягкой пшеницы коллекции ВИР по устойчивости к болезням (фузариоз колоса, бурая листовая ржавчина) и по другим хозяйственно ценным признакам, с тем чтобы их можно было использовать в селекции для создания новых сортов, адаптированных к стрессовым условиям Приморского края.

## **Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в период 2010–2022 гг. Всего за годы исследований был изучен 431 образец яровой и озимой мягкой пшеницы из коллекции ВИР (г. Санкт-Петербург), Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Сорты мягкой пшеницы были подразделены на эколого-географические группы: страны Западной и Восточной Европы (Германия, Швеция, Польша, Франция, Италия) – 56, Россия – 143, страны СНГ (без России) – 9, страны Азии – 78, страны Северной и Южной Америки – 119, страны Африки – 7, Австралия – 19.

Метеоусловия в годы исследований достаточно сильно отличались друг от друга по температурному режиму и влагообеспеченности, что влияло на зимостойкость,

фитопатологическую обстановку посевов и урожайность озимой пшеницы. В течение 13 лет наблюдений средние показатели ГТК за вегетационный период варьировали в пределах от 1,1 (2010 г.) до 2,3 (2015 г.), что связано с динамикой выпавших осадков.

Погодные условия 2010 и 2011 гг. были влажными (ГТК – 1,1; 1,5 соответственно), а 2013, 2015, 2019, 2022 гг. – избыточно влажными (ГТК – 1,9; 2,3; 1,8 и 2,2 соответственно), в эти годы поражение бурой листовой ржавчиной и фузариозом колоса составило до 87 %.

Фитопатологическая оценка сортов пшеницы проводилась на естественном инфекционном фоне на устойчивость к фузариозу колоса в период от начала колошения до восковой спелости, к бурой ржавчине – в фазу колошения – молочной спелости, когда развитие заболеваний было максимальным.

Для оценки степени поражения растений бурой листовой ржавчиной (*Puccinia triticina* Erikss.) и фузариозом колоса (*Fusarium graminearum* Schwabe) использовалась шкала Петерсона:

- 0–1,0 % – устойчивый сорт;
- 1,1–10,0 – слабовосприимчивый;
- 10,1–25,0 – средневосприимчивый,
- 25,1–50,0 – восприимчивый;
- свыше 50,1 % – высоковосприимчивый.

Адаптивные свойства изучаемых сортов оценивали по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина<sup>1</sup>. Коэффициент экологической пластичности ( $b_i$ ), показывающий отзывчивость сортов на изменение условий выращивания, принимает значение больше, меньше или равное единице. Если  $b_i \geq 1$ , сорт обладает большей отзывчивостью,  $b_i \leq 1$  – реагирует слабее на изменения условий среды, при  $b_i = 1$  имеется соответствие изменений урожайности изменению условий выращивания. Неотъемлемым свойством адаптивности является стабильность ( $S_d^2$ ) – устойчивость к лимитирующим факторам среды, способность давать не очень высокий, но стабильный урожай в любых условиях выращивания. Чем меньше отклонение, тем стабильнее сорт.

В соответствии с методикой группировку коллекционных образцов провели по параметрам экологической пластичности:

1. Высокопластичные и стабильные ( $b_i > 1$ ,  $S_d^2 = 0$ ). Обладают большой отзывчивостью, требовательны к высокому уровню агротехники (высокоинтенсивные сорта).

2. Низкопластичные и стабильные ( $b_i < 1$ ,  $S_d^2 = 0$ ). Сорт реагирует слабее на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов (полуинтенсивные сорта).

3. Менее ценные, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью ( $b_i > 1$ ,  $S_d^2 > 0$ ).

Стрессоустойчивость сортов определяли по А.А. Росселл, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко<sup>2</sup> по уравнению:  $Y_2 - Y_1$ , где  $Y_1$  – максимальная урожайность,  $Y_2$  – минимальная урожайность; гомеостатичность (Hom) и селекционную

<sup>1</sup> Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика» / сост. В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, С.П. Корнева. Омск, 2008. 35 с.

<sup>2</sup> Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А. и др. Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // Рос. с.-х. наука. 2019. № 3. С. 3–9.

ценность (Sc) – по В.В. Хангильдину<sup>3</sup>. Статистическая обработка результатов исследований проводилась методом дисперсионного анализа Доспехова<sup>4</sup>.

## Результаты и их обсуждение

В селекции на адаптивность важной задачей является устойчивость к болезням. Территория Дальневосточного региона может использоваться в качестве естественной лаборатории для проверки устойчивости сортов сельскохозяйственных культур к ряду грибных болезней. Для поиска источников устойчивости яровой и озимой мягкой пшеницы к фузариозу колоса и бурой листовой ржавчине проводилась иммунологическая оценка 431 образца коллекции ВИР по данному показателю в период естественного возникновения эпифитотий. Вспышки этих болезней в крае возникают практически ежегодно, что позволило дать объективную характеристику поражаемости сортов в местных условиях.

На естественном инфекционном фоне устойчивость к фузариозу колоса проявили сорта из стран Азии (42,3 % от числа изученных), степень развития болезни составила от 0 до 1,0 %. Слабая восприимчивость (степень развития болезни от 1,0 до 10,0 %) выявлена у сортообразцов из стран Северной и Южной Америки (23,5 %). Среднюю восприимчивость (развитие болезни от 10,1 до 25,0 %) показали 26,6 % сортов из России. Восприимчивая реакция на заражение патогеном (развитие болезни 25,1–50,0 %) отмечена у сортов из Северной и Южной Америки (18,5 % от общего количества). В группу высоковосприимчивых (степень развития свыше 50,0 %) вошли остальные 30,5 % сортов из стран Западной и Восточной Европы (рис. 1).

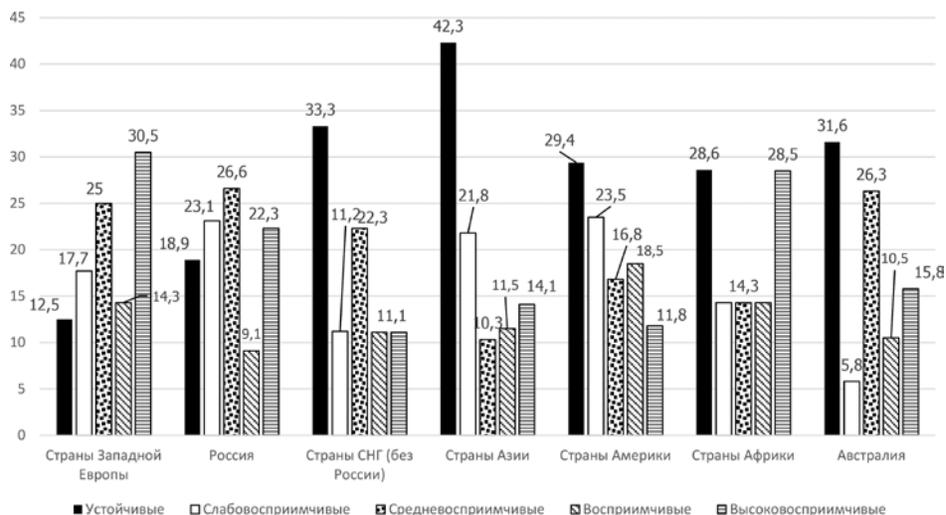


Рис. 1. Распределение (в %) сортов яровой и озимой мягкой пшеницы различных эколого-географических групп по устойчивости к фузариозу колоса

<sup>3</sup> Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты селекции сельскохозяйственных растений. Одесса, 1984. С. 67–76.

<sup>4</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

В целом исследования показали, что при распределении по устойчивости к фузариозу колоса 42,3 % сортов характеризуются как устойчивые (страны Азии), 30,5 % – высоковосприимчивые (страны Западной и Восточной Европы) и 26,6 % – средневосприимчивые (Россия).

По устойчивости к бурой листовой ржавчине сорта разных эколого-географических групп распределены следующим образом: устойчивые (развитие болезни от 0 до 1,0 %) – сорта из Азии (59,7 %); слабовосприимчивые (степень развития болезни составила от 1,1 до 10,0 %) – сорта из Африки (84,6 %); средневосприимчивые (развитие болезни от 10,1 до 25,0 %) – сорта из стран СНГ (без России) (34,8 %); высоковосприимчивые (степень поражения свыше 50,0 %) – сорта из России (30,8 %) (рис. 2).

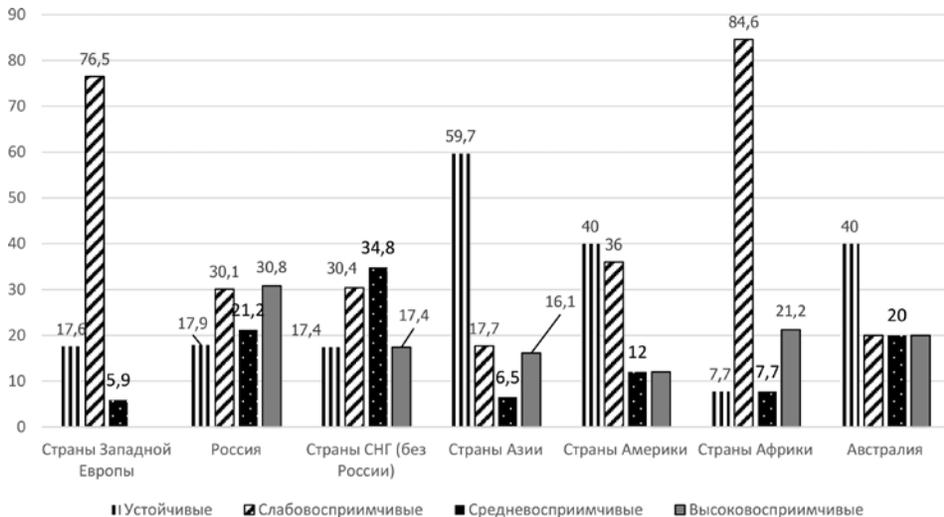


Рис. 2. Распределение (в %) сортов яровой и озимой мягкой пшеницы различных эколого-географических групп по устойчивости к бурой листовой ржавчине

Таким образом, большинство изученных сортов яровой и озимой мягкой пшеницы выделены как устойчивые и слабовосприимчивые к бурой листовой ржавчине.

В результате многолетнего изучения (2010–2022 гг.) коллекции ВИР была сформирована рабочая группа из 12 сортообразцов яровой и озимой мягкой пшеницы из разных эколого-географических групп с хозяйственно ценными признаками, которые в условиях Приморского края характеризуются как высокопродуктивные, слабовосприимчивые к бурой листовой ржавчине и фузариозу колоса.

В результате иммунологической оценки коллекционных образцов яровой и озимой мягкой пшеницы выделены: устойчивые к фузариозу колоса и бурой листовой ржавчине – Long 98-5211-1, Long 98-4081 (Китай), Long 82-2124-1 (Вьетнам), средневосприимчивые – Эритроспермум 51/5, Латона (Россия) и слабовосприимчивые – Glenlea (Канада), К-56104 (США), Кума, Спартак, Грация, Афина, Зимница (табл. 1).

Таблица 1

**Сорта-источники яровой и озимой мягкой пшеницы, выделенные по устойчивости к бурой листовой ржавчине, фузариозу колоса на естественном инфекционном фоне**

Сорт	Происхождение	Фузариоз колоса, %		Бурая листовая ржавчина, %	
		Рб*	С	Р*	С
Яровая мягкая пшеница					
Приморская 39 (стандарт)	Россия	10	10,8	10	9,5
Приморская 40	-«-	10	8,4	10	1,9
Эритроспермум 51/5	-«-	10	9,8	10	8,2
Латона	-«-	10	9,5	10	9,0
Long 98-5211-1	Китай	10	0,8	10	0,6
Long 98-4081	-«-	10	0,5	10	0,3
Long 82-2124-1	Вьетнам	10	0,3	10	0,7
Glenlea	Канада	10	7,9	10	9,9
К-56104	США	10	8,8	10	8,4
Озимая мягкая пшеница					
Кума	Россия	10	8,0	10	6,5
Спартак	-«-	10	7,2	10	8,0
Зимница	-«-	10	8,0	10	7,2
Грация	-«-	10	8,0	10	8,7
Афина	-«-	10	5,4	10	6,4

Примечание. Р\* – распространенность болезни; Рб\* – развитие болезни; С – степень развития болезни.

Среди сортов-источников по устойчивости к болезням пшеницы выделены наиболее ценные по другим селекционно-хозяйственным признакам: по числу колосков в колосе – Латона (Россия), Long 98-5211-1 (Китай); по числу зерен в колосе – Латона, Кума, Зимница (Россия); по массе 1000 зерен – Зимница, Грация (Россия). По продуктивности растения выделились Эритроспермум 51/5, Латона, Кума, Спартак, Зимница, Грация (Россия), Long 98-5211-1, Long 98-4081 (Китай), Long 82-2124-1 (Вьетнам) (табл. 2).

Сложившиеся метеоусловия в годы исследований различались по количеству тепла и осадков, что позволило в полной мере оценить их влияние на формирование элементов продуктивности и поражение грибными заболеваниями.

Селекция к неблагоприятным факторам среды предполагает наличие экологически пластичного исходного материала, поэтому необходима его комплексная оценка, чтобы получить более полную информацию реакции сортов на условия внешней среды [3]. Для оценки коллекции пшеницы использовалась методика Эберхарта–Рассела.

Как следует из модели расчета Эберхарта–Рассела, наиболее ценными являются те сорта, у которых ( $b_i > 1$ ), а стабильность ( $S^2d_i$ ) стремится к нулю. Исходя из полученных расчетов, установлено, что этой модели соответствуют сорта: Эритроспермум 51/5 ( $b_i = 2,4$ ,  $S^2d_i = 0,0$ ), Long 98-5211-1 ( $b_i = 1,4$ ,  $S^2d_i = 0,0$ ), Glenlea ( $b_i = 1,6$ ,  $S^2d_i = 0,0$ ), Кума ( $b_i = 1,5$ ,  $S^2d_i = 0,0$ ). Их можно характеризовать как сорта интенсивного типа, которые хорошо отзываются на улучшения условий выращивания.

В нестабильной климатической обстановке Приморского края интерес представляют сорта, формирующие устойчивый урожай зерна высокого качества в неблагоприятных условиях произрастания ( $b_i < 1$ ,  $S^2d_i = 0$ ). Приморская 40 ( $b_i = 0,1$ ,

$S^2d_i = 0,0$ ) и Спартак ( $b_i = 0,3$ ,  $S^2d_i = 0,0$ ) слабо отзываются на изменения факторов среды, так как при интенсивном земледелии не могут достигать высоких результатов, но в неблагоприятных условиях у них меньше снижается продуктивность по сравнению с сортами интенсивного типа.

Сорта со значениями коэффициента регрессии ( $b_i > 1$ ) и дисперсии стабильности ( $S^2d_i > 0$ ) менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью. К ним относятся: Приморская 39 ( $b_i = 2,2$ ,  $S^2d_i = 1,5$ ), Тюменская ранняя ( $b_i = 3,3$ ,  $S^2d_i = 1,3$ ) и Афина ( $b_i = 4,7$ ,  $S^2d_i = 1,2$ ). В неблагоприятные по погодным условиям годы, а также на низком агрофоне их продуктивность снижается.

Коэффициент вариации массы зерна с растения по годам у сортов варьировал от 3,7 до 36,7 %, что свидетельствует о сильной подверженности данного признака влиянию погодных условий.

Один из важных показателей адаптивности сортов – устойчивость к стрессу ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ). Чем меньше разрыв между максимальной и минимальной величиной урожайности, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей. Устойчивость к стрессу проявили сорта Эритроспермум 51/5, Спартак.

Максимальное соотношение между генотипом и факторами среды характеризует генетическую гибкость сортов, т.е. среднюю урожайность сортов в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях  $(Y_2 + Y_1)/2$ . К таким сортам относятся: Long 98-5211-1, Кума, Зимница, Грация.

Гомеостаз (Ном) – один из важных показателей, отражающий способность генотипа сводить к минимуму последствия воздействия неблагоприятных внешних

Таблица 2

**Характеристика сортов-источников яровой и озимой мягкой пшеницы по основным хозяйственно ценным признакам**

Сорт	Происхождение	Продуктивная кустистость, шт.	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
<b>Яровая мягкая пшеница</b>					
Приморская 39 (стандарт)	Россия	3,0	16,2	28,6	25,7
Приморская 40	-«-	2,1	16,0	27,8	34,9
Эритроспермум 51/5	-«-	2,6	16,7	36,0	42,9
Латона	-«-	3,0	17,2	38,0	37,1
Long 98-5211-1	Китай	2,6	17,3	34,3	35,8
Long 98-4081	-«-	2,7	16,9	33,7	35,7
Long 82-2124-1	Вьетнам	2,9	16,3	36,1	32,9
Glenlea	Канада	2,6	16,9	35,8	36,2
K-56104	США	2,7	16,6	33,2	36,6
<b>Озимая мягкая пшеница</b>					
Кума	Россия	2,7	18,9	38,8	33,2
Спартак	-«-	2,6	18,7	29,1	39,1
Зимница	-«-	2,7	16,2	37,0	41,3
Грация	-«-	2,4	16,5	36,0	38,4
Афина	-«-	2,5	15,5	31,9	34,0
НСР <sub>0,95</sub>		0,2	1,5	2,5	3,0

условий. Для практической селекционной оценки сортов наиболее пригоден показатель селекционной ценности ( $S_c$ ) [20]. Наибольшая гомеостатичность и селекционная ценность отмечены у сортов Glenlea, Спартак, Зимница, Грация (табл. 3).

Таблица 3

**Параметры адаптивности сортов-источников яровой и озимой мягкой пшеницы**

Сорт	Экологическая пластичность $b_i$	Масса зерна с растения, г		Стабильность $S^2_d$	Экологическая устойчивость, $Y_{\min} - Y_{\max}$	Генетическая гибкость $(Y_2 + Y_1)/2$	Коэффициент вариации (V), %	Гомеостатичность (Ном)	Селекционная ценность сорта ( $S_c$ )
		Min ( $Y_2$ ) – Max ( $Y_1$ )	$\bar{X}$						
Яровая мягкая пшеница <i>Triticum aestivum</i> L.									
Приморская 39 (стандарт)	2,2	2,6–2,8	2,7	1,5	–0,2	2,7	3,7	7,3	2,6
Приморская 40	0,1	2,1–2,6	2,3	0,0	–0,5	2,3	10,6	5,6	2,9
Эритроспермум 51/5	2,4	3,8–4,7	4,1	0,0	–0,9	4,2	10,6	17,9	4,7
Латона	2,5	4,2–5,7	4,9	0,1	–1,5	4,9	23,7	25,6	3,1
Long 98-5211-1	1,4	4,3–7,2	5,5	0,0	–2,9	5,7	16,0	23,3	5,2
Long 98-4081	6,6	3,5–5,8	4,5	0,2	–2,3	4,6	27,0	30,6	3,3
Long 82-2124-1	2,2	4,1–6,4	5,0	1,0	–2,3	5,4	15,8	32,1	4,3
Glenlea	1,6	3,4–4,9	3,9	0,0	–1,5	4,1	27,5	24,3	4,8
K-56104	3,4	3,5–4,9	4,1	0,4	–1,4	4,2	18,1	16,5	4,4
Озимая мягкая пшеница									
Кума	1,5	5,4–7,9	6,5	0,0	–2,5	6,6	16,8	17,3	2,9
Спартак	0,3	5,1–7,0	6,1	0,0	–0,6	6,0	16,7	36,4	4,6
Зимница	2,4	5,7–7,5	6,8	0,2	–1,7	6,6	15,7	38,0	4,9
Грация	3,8	4,2–7,3	6,1	0,7	–3,1	5,7	14,7	47,1	8,9
Афина	4,7	0,5–6,2	3,4	1,2	–5,7	3,3	36,7	31,3	3,6

Таким образом, в результате исследований выделены сорта-источники с комплексом ценных признаков (устойчивость к болезням, продуктивность, пластичность и стабильность). С участием данных образцов получены перспективные линии, обладающие хозяйственно ценными признаками, устойчивые к фузариозу колоса и бурой листовой ржавчине, которые изучаются в селекционных питомниках. В результате многолетнего изучения созданы новые сорта, адаптированные к климатическим условиям Приморского края: Никольская (Латона × Эритроспермум 51/5) и Прима (Приморская 50 × Кума), устойчивые к полеганию, болезням, осыпанию, прорастанию в колосе. Сорт Никольская в 2021 г. внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ по Дальневосточной зоне. Перспективный сорт Прима в 2020 г. передан в государственное сортоиспытание.

**Выводы**

В результате иммунологической оценки коллекции ВИР выделены сорта пшеницы разных эколого-географических групп по устойчивости к грибным патогенам. Наибольшее количество устойчивых сортов отмечено из стран Азии (42,3 %) и слабовосприимчивых – из стран Африки (84,6 %).

В условиях Приморского края в селекции мягкой пшеницы на продуктивность, устойчивость к бурой листовой ржавчине и фузариозу колоса рекомендуется использовать сорта-источники яровой мягкой пшеницы – Латона, Эритроспермум 51/5 (Россия), Glenlea (Канада), Long 98-5211-1, Long 98-4081 (Китай), озимой – Афина, Грация, Кума, Зимница, Спартак, которые показали свою эффективность при создании новых линий и сортов яровой мягкой пшеницы.

Наиболее ценными по адаптивности выделились сорта: Эритроспермум 51/5 ( $b_i = 2,4, S^2d_i = 0,0$ ), Long 98-5211-1 ( $b_i = 1,4, S^2d_i = 0,0$ ), Glenlea ( $b_i = 1,6, S^2d_i = 0,0$ ), Кума ( $b_i = 1,5, S^2d_i = 0,0$ ). Их можно характеризовать как сорта интенсивного типа, которые хорошо отзываются на улучшения условий выращивания.

Для успешной селекции устойчивых сортов целесообразно привлекать в скрещивание как местные адаптированные сорта, сохраняющие длительную высокую устойчивость к патогенам, так и сорта инорайонной и зарубежной селекции, проявляющие устойчивость в местных природно-климатических условиях.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ворончихина И.Н., Рубец В.С., Ворончихин В.В., Пыльнев В.В. Сравнительная оценка сортообразцов яровой мягкой пшеницы по комплексу признаков в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 10. С. 32–38. DOI: 10.53859/02352451\_2021\_35\_10\_32.

2. Площадь и урожайность пшеницы в Приморском крае. – [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29\\_cx\\_predv\\_2022.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx) (дата обращения: 20.01.2023).

3. Murugova G., Klykov A., Bogdan P., Konovalova I., Kryuchkova N. Ecological plasticity of varieties *Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf. and *Hordeum vulgare* L. of various origins in the conditions of Primorsky Krai // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 353. P. 386–396. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_44.

4. Клыков А.Г., Муругова Г.А., Богдан П.М., Тимошинова О.А., Коновалова И.В., Крючкова Н.А. Перспективные направления и результаты селекции зерновых и крупяных культур в Приморском крае // Вестн. ДВО РАН. 2021. № 3. С. 9–19. DOI: 10.37120/0869-7698\_2021\_217\_03\_02.

5. Муругова Г.А., Павлова Н.А., Клыков А.Г. Устойчивость сортов ярового ячменя к грибным болезням // Защита и карантин растений. 2019. № 9. С. 45–47.

6. Асеева Т.А., Зенкина К.В., Трифунтова И.Б., Имтосими О.Ю., Тишкова А.Г., Савченко Н.Е. Грибные болезни на зерновых культурах в муссонном климате Дальнего Востока // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 12. С. 12–18. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11202

7. Волкова Г.В., Кремнева О.Ю., Кудинова О.А., Ваганова О.Ф., Ермоленко С.А. База данных «Источники устойчивости к опасным болезням пшеницы среди образцов *Aegilops tauschii* Coss.» как инструмент в селекции пшеницы на иммунитет // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 55. С. 13–16. DOI: 10.31676/2073-4948-2018-55-1316.

8. Орловская О.А., Вакула С.И., Хотылева Л.В. Устойчивость линий мягкой пшеницы с генетическим материалом видов рода *Triticum* к грибным болезням // С.-х. биология. 2021. Т. 56, № 1. С. 171–182. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.171rus.

9. Асеева Т.А., Савченко Н.Е. Влияние экологических факторов на развитие болезней яровой пшеницы // Вестн. рос. с.-х. науки. 2018. № 5. С. 34–37. DOI: 10.30850/vrsn/2018/5/34-37.

10. Савченко Н.Е., Асеева Т.А. Влияние окружающей среды на урожайность и поражаемость заболеваниями яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 4. С. 60–63. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10415.

11. Гулятьева Е.И., Сибикеев С.Ш., Дружин А.Е., Шайдаюк Е.Л. Расширение генетического разнообразия сортов яровой мягкой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине (*Puccinia triticina* Erikss. et Henn) в Нижнем Поволжье // С.-х. биология. 2020. Т. 55, № 1. С. 27–44. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.1.27rus.

12. Гулятьева Е.И., Шайдаюк Е.Л., Рсалиев А.С. Идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине у образцов яровой мягкой пшеницы российской и казахстанской селекции // Вестн. защиты растений. 2019. № 3 (101). С. 41–49. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-3(101)-41-49.

13. Liu Yuan, Takele Weldu Gebrewahid, Zhang Pei-pei, Li Zai-feng, Liu Da-qun. Identification of leaf rust resistance genes in common wheat varieties from China and foreign countries // *J. Integr. Agric.* 2021. Vol. 20 (5). P. 1302–1313. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63371-8.
14. Snijders C.H.A. Resistance in wheat to *Fusarium* infection and trichothecene formation // *Toxicol. Lett.* 2004. Vol. 153, iss.1. P. 37–46. DOI: 10.1016/j.toxlet.2004.04.044.
15. Гагкаева Т.Ю., Ордина А.С., Гаврилова О.П., Аблова И.Б., Беспалова А.А. Характеристика сортов озимой пшеницы по устойчивости к фузариозу зерна // *Вавилов. журн. генетики и селекции.* 2018. Т. 22 (6). С. 685–692. DOI: 10.18699/VJ18.411.
16. Соколова Л.М. Анализ видового разнообразия грибов из рода *Fusarium* // *Аграр. наука.* 2019. № 1. С. 118–122. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-118-122.
17. Асхадуллин Дан. Ф., Асхадуллин Дам. Ф., Василова Н.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Багавиева Э.З., Баранова О.А. Результаты оценки сортов яровой мягкой пшеницы на устойчивость к болезням в Казанском НЦ // *Зерн. хоз-во России.* 2022. Т. 14, № 3. С. 89–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94.
18. Волкова Г.В., Кремнева О.Ю., Кудинова О.А., Ваганова О.Ф., Матвеева И.П., Ким Ю.С. Фитосанитарная оценка высеваемых на юге России сортов озимой пшеницы по устойчивости к комплексу болезней // *Таврич. вестн. аграр. науки.* 2019. № 3 (19). С. 39–48. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-39-48.
19. Реалиев А.С., Гультеяева Е.И., Шайдаюк Е.Л., Коваленко Н.М., Молдажанова Р.А., Пахратдинова Ж.У. Характеристика устойчивости перспективных образцов яровой мягкой пшеницы к листовых болезням // *Биотехнология и селекция растений.* 2019. Т. 2 (2). С. 14–29. DOI: 10.30901/2658-6266-2019-2-14-23.

#### REFERENCES

1. Voronchikhina I.N., Rubets V.S., Voronchikhin V.V., Pyl'nev V.V. Sravnitel'naya otsenka sortoobraztsov yarovoi myagkoi pshenitsy po kompleksu priznakov v usloviyakh Tsentral'nogo raiona Nechernozemnoi zony Rossii = [Comparative evaluation of spring soft wheat varieties for a complex of traits under the conditions of the Central region of the Russian Non-Black Earth zone]. *Achievements of Science and Technology in Agroindustrial Complex.* 2021;(10):32-38. (In Russ.).
2. Ploshchad' i urozhainost' pshenitsy v Primorskom krae = [The land area under wheat cultivation and wheat yield in Primorsky Krai]. – [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29\\_cx\\_predv\\_2022.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx) (date of the application: 20.01. 2023). (In Russ.).
3. Murugova G., Klykov A., Bogdan P., Konovalova I., Kryuchkova N. Ecological plasticity of varieties *Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf. and *Hordeum vulgare* L. of various origins in the conditions of Primorsky Krai. *Lecture Notes in Networks and Systems.* 2022;353:386-396. DOI:10.1007/978-3-030-91402-8\_44.
4. Klykov A.G., Murugova G.A., Bogdan P.M., Timoshinova O.A., Konovalova I.V., Kryuchkova N.A. Perspektivnye napravleniya i rezul'taty seleksii zernovykh i krupyanykh kul'tur v Primorskom krae = [Promising directions and results of grain and cereal crops breeding in Primorsky Krai]. *Vestnik of the FEB RAS.* 2021;(3):9-19. (In Russ.). DOI: 10.37120/0869-7698\_2021\_217\_03\_02.
5. Murugova G.A., Pavlova N.A., Klykov A.G. Ustoichivost' sortov yarovogo yachmenya k gribnym boleznyam = [Resistance of spring barley varieties to the fungal diseases]. *Plant Protection and Quarantine.* 2019;(9):45-47. (In Russ.).
6. Aseeva T.A., Zenkina K.V., Trifuntova I.B., Imtosimi O.Yu., Tishkova A.G., Savchenko N.E. Gribnye bolezni na zernovykh kul'turakh v mussonnom klimate Dal'nego Vostoka = [Fungal diseases on cereals in the monsoon climate of the Russian Far East]. *Achievements of Science and Technology in Agroindustrial Complex.* 2020;(12):12-18. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11202.
7. Volkova G.V., Kremneva O.Yu., Kudina O.A., Vaganova O.F., Ermolenko S.A. Baza dannykh "Istochniki ustoichivosti k opasnym boleznyam pshenitsy sredi obraztsov *Aegilops tauschii* Coss." kak instrument v seleksii pshenitsy na immunitet = [Database "Sources of resistance to dangerous wheat diseases among *Aegilops tauschii* Coss. samples" as a tool in wheat breeding for immunity]. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia.* 2018;55:13-16. (In Russ.). DOI: 10.31676/2073-4948-2018-55-1316.
8. Orlovskaya O.A., Vakula S.I., Khotyleva L.V. Ustoichivost' linii myagkoi pshenitsy s geneticheskim materialom vidov roda *Triticum* k gribnym boleznyam = [Study of bread wheat lines with genetic material

of *Triticum* species for resistance to fungal diseases]. *Agricultural Biology*. 2021;56(1):171-182. (In Russ.). DOI: 10.15389/agrobiol.2021.1.171rus.

9. Aseeva T.A., Savchenko N.E. Vliyanie ehkologicheskikh faktorov na razvitie boleznii yarovoi pshenitsy = [Influence of environmental factors on spring wheat diseases progression]. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2018;(5):34-37. (In Russ.). DOI: 10.30850/vrsn/2018/5/34-37.

10. Savchenko N.E., Aseeva T.A. Vliyanie okruzhayushchei sredy na urozhainost' i porazhaemost' zabollevaniyami yarovoi pshenitsy = [Influence of environment on productivity of spring wheat and its vulnerability to diseases]. *Achievements of Science and Technology in Agroindustrial Complex*. 2019;33(4):60-63. (In Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10415.

11. Gul'tyaeva E.I., Sibikeev S.Sh., Druzhin A.E., Shaidayuk E.L. Rasshirenie geneticheskogo raznoobraziya sortov yarovoi myagkoi pshenitsy po ustoichivosti k buroi rzhavchine (*Puccinia triticina* Erikss. et Henn) v Nizhnem Povolzh'e = [Enlargement of genetic diversity of spring bread wheat resistance to leaf rust (*Puccinia triticina* Erikss. et Henn) in Lower Volga Region]. *Agricultural Biology*. 2020;55(1): 27-44. (In Russ.). DOI:10.15389/agrobiol.2020.1.27rus.

12. Gul'tyaeva E.I., Shaidayuk E.L., Rsaliev A.S. Identifikatsiya genov ustoichivosti k buroi rzhavchine u obraztsov yarovoi myagkoi pshenitsy rossiiskoi i kazakhstanskoi selektsii = [Identification of leaf rust resistance genes in spring soft wheat samples developed in Russia and Kazakhstan]. *Plant Protection News*. 2019;(3):41-49. (In Russ.). DOI: 10.31993/2308-6459-2019-3(101)-41-49.

13. Liu Yuan, Takele Weldu Gebrewahid, Zhang Pei-pei, Li Zai-feng, Liu Da-qun. Identification of leaf rust resistance genes in common wheat varieties from China and foreign countries. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021;20(5):1302-1313. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63371-8.

14. Snijders C.H.A. Resistance in wheat to fusarium infection and tricothecene formation. *Toxicology Letters*. 2004;153(1):37-46. DOI: 10.1016/j.toxlet.2004.04.044.

15. Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Gavrilova O.P., Ablova I.B., Bepalova A.A. Kharakteristika sortov ozimoi pshenitsy po ustoichivosti k fuzariozu zerna = [Characterization of resistance of winter wheat varieties to fusarium head blight]. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(6):685-692. (In Russ.). DOI: 10.18699/VJ18.411.

16. Sokolova L.M. Analiz vidovogo raznoobraziya gribov iz roda *Fusarium* = [Analysis of species diversity of fungi of the genus *Fusarium*]. *Agrarian Science*. 2019;(1):118-122. (In Russ.). DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-118-122.

17. Askhadullin Dan. F., Askhadullin Dam. F., Vasilova N.Z., Tazutdinova M.R., Khusainova I.I., Bagavieva Eh. Z., Baranova O.A. Rezul'taty otsenki sortov yarovoi myagkoi pshenitsy na ustoichivost' k bolezniam v Kazanskom NTS = [Estimation results of the spring bread wheat varieties on disease resistance in the Kazan Research Center]. *Grain Economy of Russia*. 2022;14(3):89-94. (In Russ.). DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-89-94.

18. Volkova G.V., Kremneva O.Yu., Kudinova O.A., Vaganova O.F., Matveeva I.P., Kim Yu.S. Fitosanitarnaya otsenka vysevaemykh na yuge Rossii sortov ozimoi pshenitsy po ustojchivosti k kompleksu boleznii = [Phytopathological assessment of winter wheat varieties cultivated in the South of Russia for a resistance to the set of diseases]. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2019;(3):39-48. (In Russ.). DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-39-48.

19. Realiev A.S., Gul'tyaeva E.I., Shaidayuk E.L., Kovalenko N.M., Moldazhanova R.A., Pakhratdinova Zh.U. Kharakteristika ustoichivosti perspektivnykh obraztsov yarovoi myagkoi pshenitsy k listostebel'nykh bolezniam = [Characteristic of perspective common spring wheat accessions for resistance to foliar diseases]. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2019;(2):14-29. (In Russ.). DOI: 10.30901/2658-6266-2019-2-14-23.