

П.Н.Мальчиков¹, доктор сельскохозяйственных наук,
заведующий лабораторией селекции и семеноводства твердой пшеницы;

М.Г.Мясникова¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник;

И.Н.Леонова², доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник;

Е.А.Салина², доктор биологических наук,
заведующая лабораторией молекулярной генетики и цитологии растений,

¹*ФБГНУ Самарский НИИСХ им. Н.М.Тулайкова,
(446254, г.Безенчук, ул.Карла Маркса, 41, samniish@mail.ru)*

²*ФБГНУ Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской
Академии наук,
(630090, Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 10,
icg-adm@bionet.nsc.ru)*

ИНТРОГРЕССИЯ УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ (BLUMERIA GRAMINIS DC.F.TRITICI) ОТ TRITICUM TIMOPHEEVII ZHUK. И TRITICUM DICOCCUM SHUEBL. В ГЕНОМ TRITICUM DURUM DESF.

Приведены данные о целесообразности расширения генетического разнообразия коммерческих сортов твердой пшеницы в Среднем Поволжье и на Урале по устойчивости к мучнистой росе, в том числе за счет межвидовой гибридизации. Описаны результаты интрогрессии устойчивости от *Triticum timopheevii* Zhuk. и *Triticum dicoccum* Shuebl. в геном *Triticum durum* Desf. и создание адаптированных доноров с новыми для твердой пшеницы генами устойчивости. Перенос генов от *Triticum timopheevii* Zhuk. осуществлен через интрогрессивные линии мягкой пшеницы – IT-3 и 1678B-21. Для переноса устойчивости от *Triticum dicoccum* Shuebl. использовали образец этого вида из коллекции ВИРа к-46995. В результате этой работы были получены константные линии *Triticum durum* Desf. с интрогрессией устойчивости от *Triticum timopheevii* Zhuk. (Леукурум 1751, Леукурум 1753, 495д-22) и от *Triticum dicoccum* Shuebl. (Гордеиформе 1737, Гордеиформе 1738, Гордеиформе 1739). Устойчивость этих линий, по данным гибридологического анализа, контролируется 1-3 генами с эффектами доминирования устойчивости, её супрессии и ингибирования. Интрогрессия устойчивости от *Triticum timopheevii* Zhuk., подтверждена на молекулярном уровне при использовании 90 микросателлитных маркёров с определением единичной транслокации в 6В хромосоме и локализацией её в диапазоне микросателлитных маркёров Xgwn 518 и Xgwn 1076. Устойчивость к мучнистой росе,

обусловленная этой транслокацией от *T.timopheevii* Zhuk. остается в течение длительного периода эффективной, хорошо передается потомству вместе с комплексом признаков адаптивности и качества продукции. Доноры твердой пшеницы, унаследовавшие устойчивость от *T.dicoccum* Shuebl., стабильны в проявлении признака, хорошо комбинируются при гибридизации с генами устойчивости к мучнистой росе, происходящими от твердой пшеницы и других видов, обладают высокой сортообразующей способностью по адаптивности и урожайности.

Ключевые слова: *регион, пшеница твердая, мучнистая роса, устойчивость, интрогрессия, ген, маркер, локализация, адаптивность, качество зерна.*

P.N. Malchikov¹, Doctor of Agricultural Sciences, head of the laboratory of durum wheat breeding and seed-growing;

M.G. Maysnikova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading research officer;

I.N. Leonova², Doctor of Biology, leading research officer;

E.A. Salina², Doctor of Biology, head of the laboratory of molecule genetics and plant cytology

¹*FSBRI Samara RIA after N.M. Tulaykova,*

(446254, Bezenchuk, Karl Marks Str., 41, samniish@mail.ru)

²*FSBRI Institute of Cytology and Genetics of Siberian department of Russian Academy of Science,*

(630090, Novosibirsk, Academician Lavrentiev Av., 10, icg-adm@bionet.nsc.ru)

INTROGRESSION OF STABILITY TO POWDERY MILDEW (BLUMERIA GRAMINIS DC.F.TRITICI) FROM TRITICUM TIMOFEEVII ZHUK. AND TRITICUM DICOCCUM SHUEBL. IN GENOME TRITICUM DURUM DESF.

The article gives the data about expediency of increasing of genetic diversity of commercial varieties of durum winter wheat in Middle Povolzhie and in the Urals on powdery mildew tolerance because of interspecific hybridization. The results of introgression of stability to powdery mildew from *Triticum Timopheevii* Zhuk. and *Triticum dicoccum* Shuebl. in genome *Triticum durum* Desf. and breeding of adapted donors with new for durum wheat genes of tolerance are considered in the paper. The transfer of genes from *Triticum timopheevii* Zhuk. is carried out through introgressive lines of soft wheat 'IT-3' and '1678B-21'. The sample of the variety 'K-46995' taken from the collection of ARIR was used to transfer stability to *Triticum dicoccum* Shuebl.. Such constant *Triticum durum* Desf. lines as 'Leukurum 1751', 'Leukurum 1753' and '495d-22' with introgressive stability to *Triticum timopheevii* Zhuk. and 'Gordeiforme 1737', 'Gordeiforme 1738' and 'Gordeiforme 1739' with stability to *Triticum dicoccum* Shuebl. According to the data of hybridological analysis the stability of these lines is controlled by 1-3 genes with effects of dominating tolerance, its suppression and in inhibition. Introgression of

stability to *Triticum timopheevii* Zhuk. has been confirmed at the molecular level while using 90 microsatellite markers with identification of a single translocation in 6B chromosome and its localization in a range of microsatellite markers Xgwn 518 and Xgwn 1076. Tolerance to powdery mildew, caused by the translocation from *T. timopheevii* Zhuk. remains efficient for a long time; it's transferred to the seeds together with a complex of adaptability and quality of product. Durum wheat donors, which inherited tolerance to *T. dicoccum* Shuebl., show stability of the trait, hybridize well with the genes of tolerance to powdery mildew from durum wheat and other varieties, possess good ability to cultivate varieties with good adaptability and productivity.

Keywords: *region, durum wheat, powdery mildew, stability, tolerance, introgression, gene, marker, localization, adaptability, grain quality.*

Введение. Твердая пшеница в Волго-Уральском регионе в отдельные годы сильно поражается мучнистой росой (*Blumeria graminis* DC. F. *Tritici*), что снижает урожайность и качество зерна [3,5,11]. В то же время только 1,4-3,5% генотипов твердой пшеницы в полевых условиях были устойчивы при искусственном заражении смесью рас мучнистой росы из нескольких регионов [9]. Наряду с этим популяции патогена очень динамичны по степени изменчивости частот генов вирулентности, их мутабельности и появлении новых вирулентных патотипов [7, 10]. В этих условиях внутривидовая генетическая изменчивость твердой пшеницы не всегда в состоянии обеспечить достаточно эффективную защиту. При этом наиболее сложно решить проблему разнообразия генов резистентности твердой пшеницы и создания эффективной системы иммунитета. Поэтому перспективным методом расширения многообразия устойчивости является поиск и перенос соответствующего генетического материала от родственных видов [4,13,8]. Высокая концентрация генов устойчивости к мучнистой росе отмечена в коллекциях видов пшеницы *T. dicoccum* Shuebl., *T. timopheevii* Zhuk., *T. monococcum* L., *T. carthlicum* Nevki. Наиболее эффективны межвидовые скрещивания твердой пшеницы с видами гомологами по геномному составу ($A^u B$). В частности, большое количество скрещиваний проводится с *T. dicoccum* Shuebl. Однако стратегия опережающей селекции на устойчивость предполагает использование широкого генетического разнообразия и «пирамидирование» сильных генов. В условиях Среднего Поволжья в течение длительного периода ген Pm 6 (интродуцирован от *T. timopheevii* Zhuk.) является достаточно эффективным (тип реакции - 0;2) в геноме мягкой пшеницы [1]. В связи с этим вполне правомерно предположение о перспективности применения генов или транслокаций от *T. timopheevii* Zhuk. в геноме твердой пшеницы в селекции иммунных и устойчивых сортов.

В этой статье представлены результаты селекционно-исследовательской работы по переносу в геном твердой пшеницы генов или хромосомных транслокаций от *T.dicoccum Shuebl.* и *T.timopheevii Zhuk.*, обеспечивающих устойчивость к мучнистой росе.

Материалы и методы. *Растительный материал.* В качестве донора устойчивости к мучнистой росе использовали селекционную линию мягкой пшеницы 1678В-21 (Альбидум 653*2/IT-3) оригинатором которой является Самарский НИИСХ. Признак устойчивости этого генотипа был унаследован от образца мягкой пшеницы IT-3, созданного в ВИРе путем интрогрессии устойчивости от *T.timopheevii Zhuk.* Вторым донором устойчивости был образец *T.dicoccum Shuebl.* - к-46995.

При интрогрессии устойчивости от 1678В-21 (первоначальный донор *T.timopheevii Zhuk.*) в геном твердой пшеницы рекуррентными родителями были засухоустойчивые сорта, восприимчивые к мучнистой росе – Саратовская золотистая и Гордеиформе 740. В результате скрещивания 1678В-21 // Саратовская золотистая / Гордеиформе 740 /3/ Саратовская золотистая, была получена устойчивая к мучнистой росе линия 9D-5-2, морфологически отнесенная к *T.durum* Desf., которая через скрещивание с засухоустойчивой, но восприимчивой линией 1993В-536 (Саратовская золотистая / Гордеиформе 740) передала устойчивость адаптированным к условиям Среднего Поволжья высокопродуктивным сортам Леукурум 1751, Леукурум 1753, 495D-22, 495D-14. Коммерческий сорт – Безенчукская Нива этого же происхождения, поражается мучнистой росой, но на более поздних этапах онтогенеза и значительно слабее, чем рекуррентные сорта Саратовская золотистая и Гордеиформе 740, отнесен к слабовосприимчивым сортам.

Перенос устойчивости от к-46995 (*T.dicoccum Shuebl.*) выполнен на основе этих же восприимчивых сортов (Саратовская золотистая, Гордеиформе 740) и селекционной линии Гордеиформе 1434, в родословную которой, кроме Саратовской золотистой, Гордеиформе 740, входит восприимчивый сорт Безенчукская 182. Вначале была получена устойчивая линия 2200Б-1 (Саратовская золотистая / к-46995 // Саратовская золотистая / Гордеиформе 740), затем индивидуальным отбором из F₃ кросса 2200Б-1 / Гордеиформе 1434 были получены устойчивые к мучнистой росе, адаптированные к условиям Среднего Поволжья селекционные линии твердой пшеницы: Гордеиформе 1737, Гордеиформе 1738, Гордеиформе 1739. Для генетического анализа использовали F_{1,2,3} популяции, состоящие из растений, от скрещивания Леукурум 1751, Леукурум 1753, 495D-22, Гордеиформе 1737, Гордеиформе 1738, Гордеиформе 1739 с восприимчивым сортом твердой пшеницы – Памяти Чеховича.

Оценка устойчивости. Устойчивость линий на стадии взрослых растений оценивали

в полевых условиях на экспериментальных участках Самарского НИИСХ РАСХН в 2004-2005 годы в ручном рядовом посеве (1,0м* 0,03м*0,2м) по 30 зерен в рядок. По краям делянок высевали восприимчивый сорт озимой пшеницы для повышения величины инфекционной нагрузки. Устойчивость растений оценивали в периоды максимального развития болезни в фазы колошения (2004г.) и молочно-восковой спелости (2005г.). Учет типа реакции растений на инфицирование проводили по шкале В.Г.Новыхатко, А.Н.Борисенко [6], степень поражения – по Э.Э.Гешеле [2]. Отклонение полученных экспериментальных данных от теоретически ожидаемых в расщепляющихся популяциях растений в F₂ на устойчивые и восприимчивые оценивали с помощью Хи – квадрат (χ^2).

Микросателитный анализ. В работе были использованы SSR – маркёры с известной локализацией на хромосомах *T. aestivum* и *T. timopheevii*. ПЦР проводили согласно методике [12] и выполняли на автоматическом лазерном флуоресцентном секвенаторе (ALFexpress, “Amersham Biosciences”) в 6% денатурирующем полиакриламидном геле. Размер фрагментов рассчитывали с помощью компьютерной программы Fragment Analyser 1.02 (“Amersham Biosciences”) относительно стандартных образцов ДНК известной длины.

Результаты. Гибридологический анализ всех шести устойчивых линий (Леукурум 1751, Леукурум 1753, 495д-22, Гордеиформе 1737, Гордеиформе 1738, Гордеиформе 1739) проведен на гибридах F₁, F₂, F₃, полученных от скрещивания с восприимчивым сортом – тестером Памяти Чеховича. В первом поколении наблюдалось промежуточное наследование признака с уклонением в сторону устойчивого родителя. Необходимо отметить, что все включенные в анализ устойчивые линии в отдельные годы при сильном распространении эпифитотии патогена в пологе нижних листьев имели до трёх процентов листовой поверхности, покрытой мучнистой росой со вторым типом иммунности. Однако нарастания восприимчивости в онтогенезе и потери устойчивости в последующие годы не наблюдалось. Во втором поколении отмечено во всех комбинациях расщепление на устойчивые растения, к которым относили растения с фенотипом устойчивого родителя и растения с фенотипом гибридов F₁ и неустойчивые со степенью поражения неустойчивого родителя. Результаты анализа расщепления в F₂ и F₃ представлены в таблице 1.

1. Расщепление по устойчивости к мучнистой росе гибридных растений F₂, F₃ от скрещивания устойчивых образцов с восприимчивым тестером

Комбинация	Поко ление	Всего		Соотношение R(R+Segr.)/S	Теорет. отноше- ние	χ^2
		расте ний	семей			

Леукурум 1751/ Памяти Чеховича	F ₂	207	-	160:47	3:1 12:4 13:3 48:16 49:15	0,58 0,58 2,13 0,58 0,03
Леукурум 1753/ Памяти Чеховича	F ₂	183	-	143:40	3:1 12:4 13:3	1,17 0,96 1,16
	F ₃	-	88	61:27	3:1 10:6 12:4	1,52 1,75 1,52
495Д-22/ Памяти Чеховича	F ₂	40		31:9	3:1	0,27
Гордеиформе 1737 / Памяти Чеховича	F ₂	57		46:11	3:1 12:4 13:3	1,13 0,99 0,01
Гордеиформе 1738 / Памяти Чеховича	F ₂	73		53:20	3:1 10:6 12:4 13:3	0,22 3,18 0,22 3,58
	F ₃	-	150	111:39	3:1 12:4	0,08 0,08
Гордеиформе 1739 / Памяти Чеховича	F ₂	55	-	43:12	3:1 12:4 13:3	0,35 0,30 0,34

Примечание: $\chi^2_{\text{критический}} = 3,84$

Они показывают, что различия между исследуемыми сортами и тестером определяются как минимум одним геном. Фенотипическое расщепление в популяции Леукурум 1751 / Памяти Чеховича можно интерпретировать помимо одногенной доминантной модели еще четырьмя теоретически возможными моделями расщепления, включающими два или три гена, действующими, помимо контроля устойчивости по схемам супрессии (13:3) и ингибирования (49:15).

Расщепление в популяции Леукурум 1753 / Памяти Чеховича может детерминироваться двумя генами, причем один из них может быть супрессором (13:3). Линия 495д-22, видимо, является носителем одного гена устойчивости.

Расщепление в популяциях Гордеиформе 1737 / Памяти Чеховича, Гордеиформе 1738 / Памяти Чеховича, Гордеиформе 1739 / Памяти Чеховича, помимо однолуксной модели с доминированием устойчивости, предполагает действие на признак двух генов, причем один из них может проявляться как супрессор гена устойчивости (13:3).

Локализация фрагментов интрогрессии от *T. timopheevii* в геном *T. durum* проведена на материале ДНК выделенной из эндосперма зерновок линии Леукурум 1753. Использовали 90 микросателлитных(SSR) маркеров с известными позициями на карте в геномах *T. aestivum* и *T. timopheevii*. Анализ молекулярного маркирования выявил

единичную транслокацию в хромосоме 6В, локализованную в диапазоне микросателлитных маркеров *Xgwm518* и *Xgwm1076*.

Результаты микросателлитного анализа делают правомерным предположение, что ген/гены устойчивости к мучнистой росе локализованы на 6В хромосоме. Таким образом, все 6 линий являются генетическими донорами устойчивости к мучнистой росе, они включены в пакет доноров и переданы в ВИР для применения в селекционных учреждениях Поволжья и Урала.

Экспериментально доказанный факт хромосомной транслокации от *T.timopheevii* в геном твердой пшеницы позволяет уверенно осуществлять селекционные программы по комбинированию генов устойчивости к мучнистой росе на основе этой транслокации и других источников устойчивости, в том числе от *T.dicoccum* и *T. durum*. Эффективность такого подхода определяется высокой вероятностью увеличения надежности и получения долговременной устойчивости к патогену [7].

Высокая ценность полученных линий, особенно несущих транслокацию от *T.timopheevii*, помимо устойчивости к мучнистой росе, определяется адаптивностью, реальной урожайностью, более высокой, чем у стандарта Безенчукская 182, устойчивостью к засухе, бурой ржавчине, листовым пятнистостям и качеством зерна (табл.2).

2. Урожайность, адаптивность, устойчивость к болезням и качество зерна селекционных линий, несущих транслокацию от *T.timopheevii*, по данным изучения в 2-х пунктах (Волгоград, Безенчук) на 2-х агрофонах (2005-2006 гг.)

Сорт	Урожайность т/га	СЦГ _i	Качество зерна		Устойчивость к листовым болезням	
			SDS мл	Индекс желтизны	Ruscinia rec. тип/%	Листовые пятнистости, %
Безенчукская 182 (St)	1,03	5,02	30,0	19,2	2/5	30,0
Леукурум 1751	1,22	7,30	42,0	24,0	2/2,5	5,0
Леукурум 1753	1,26	7,18	43,5	24,5	2/2,5	5,0
НСР _{0,05}	0,09	-	5,3	1,5	-	-

Примечание: СЦГ_i –параметр, А.В.Кильчевского, Л.В.Хотылевой, характеризующий селекционную ценность генотипа, его адаптивность по данным мультилокальных испытаний

Включение полученных линий в селекционные программы позволило создать перспективный селекционный материал с высокой устойчивостью к мучнистой росе,

сохраняющий абсолютную устойчивость в годы сильных эпифитотий, когда наблюдалось незначительное поражение в пологе нижних листьев исходных генотипов, несущих гены устойчивости только одного вида (табл.3).

3. Урожайность и устойчивость к мучнистой росе селекционных линий в зависимости от исходных доноров устойчивости, Безенчук, 2012-2013 гг.

Селекционный номер	Генеалогия	Исходные доноры	Устойчивость* тип /%	Урожайность, т/га
1307д-51	Л1751/ПЧ	T.timopheevii	2-3/ единч.	1,51
837д-22	220Б-1/Г1434	T.dicoccum	2-3/ единч.	1,45
1438д-13	Б205/Л1751	T.timopheevii, T.durum	0/0	1,60
1389да-1	Б205/Г1739	T.dicoccum, T.durum	0/0	1,58
1477д-4	Г1737/Б205	T.dicoccum, T.durum	0/0	1,75
Без.степная	St	восприимчив	4/20	1,35
НСР _{0,05}	-	-	-	0,21

*в условиях эпифитотии

Выводы. В результате многолетней селекционно-генетической работы на основе межвидовой гибридизации созданы адаптированные доноры устойчивости твердой пшеницы к мучнистой росе, унаследовавшие признак от T.dicoccum Shuebl и T.timopheevii Zhuk. Устойчивость новых доноров контролируется 1-3 генами. Их использование в селекционном процессе оказалось успешным. Устойчивость к мучнистой росе, детерминируемая фрагментом транслокации на 6В хромосоме от T.timopheevii Zhuk остается в течение длительного периода эффективной, хорошо передается потомству вместе с комплексом признаков адаптивности и качества продукции. Доноры твердой пшеницы, унаследовавшие устойчивость от T.dicoccum Shuebl, стабильны в проявлении признака, который хорошо комбинируется при гибридизации с генами устойчивости к мучнистой росе, происходящими от твердой пшеницы и других видов и обладают высокой сортообразующей способностью по адаптивности и урожайности.

Литература

1. Вьюшков, А.А. Селекционно-генетическое улучшение яровой пшеницы / А.А. Вьюшков, П.Н. Мальчиков, В.В. Сюков, С.Н. Шевченко.- Самара: Самарский НЦ РАН, 2012.-266с.
2. Гешеле, Э.Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений/ Э.Э.Гешеле. – М.: Колос, 1978.-197с.
3. Долгалёв, М.П. Адаптивная селекция яровой пшеницы в Оренбургском Приуралье/

М.П.Долгалёв, В.Е.Тихонов. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005.- 290 с.

4.Леонова, И.Н. Генетический анализ и локализация локусов, контролирующих устойчивость интрогрессивных линий *Triticum aestivum* × *Triticum timopheevii* к листовой ржавчине / И.Н.Леонова, М.С.Родер, Е.Б.Будашкина // Генетика. 2008.- Т.44. №12.- С.1652-1659.

5.Мальчиков,П.Н. Селекция яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: диссертация доктора с/х. наук. – Безенчук, 2009.- 402 с.

6.Новохатка, В.Г. К методике оценки устойчивости пшеницы и ячменя к мучнистой росе / В.Г.Новохатка, А.Н.Борисенко // Селекция, семеноводство и агротехника пшеницы- Сб.научн.тр. Мироновского НИИССП.- Мироновка,- 1977.-Вып.1.- С.57-60.

7.Сибикеев, С.Н. Достижения и перспективы использования чужеродных генов в селекции пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине /С.Н.Сибикеев, В.А.Крупнов, С.А.Воронина// Стратегия селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата. -Саратов, 2004.- С.249-258.

8.Сибикеев, С.Н.Скрининг набора интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы на наличие чужеродных транслокаций и замещений хромосом пшеницы /С.Н.Сибикеев, В.М.Панин, И.Ю.Фадеева, А.Е.Дружин //Аграрный Вестник Юго-Востока.–2010.-№3-4(6-7).–С.41-44.

9.Суханбердина, Э.Х. Источники иммунитета пшеницы к мучнистой росе/ Э.Х.Суханбердина // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.– Л., 1977.- Т.58. Вып.3.- С.152-155

10.Сюков, В.В. Модель селекционного процесса яровой мягкой пшеницы применительно к условиям Средневолжского региона /В.В.Сюков, А.А.Вьюшков, С.Н.Шевченко, С.Е.Поротькин, Д.Е.Зубов. М.: Достижения науки и техники АПК, 2006.- 107с.

11.Malchikov, P.N. Introgression of to powdery mildew (*Blumeria graminis* DC.F. tritici) from *T.Timopheevii* Zhuk. Into the genome of *T.durum* Desf./ P.N.Malchikov, M.G.Myasnikova, I.N.Leonova, E.A.Salina//International Plant Breeding Congress 10-14 November.– Antalya, Turkey, 2013.- 283 p.

12.Roder, M.S. A microsatellite map of wheat / M.S. Roder, V. Korzun, K. Wendehake et.al. // Genetics. - 1998.- V/149.-P.2007-2023.

13.Wu, S . Molecular Mapping of Steam-Rust-Resistance gene *Sr40* in Wheat / Shuangye Wu, Michael Pumfrey, and Guichua Bai // Crop Science.-2009.- V.49.№5.-P.1681-1686.

Literature

1. *Vyushkov, A.A.* Breeding-genetic improvement of spring wheat/ A.A. Vyushkov, P.N. Malchikov, V.V. Syukov, S.N. Shevchenko.– Samara: Samarsky RC RAS, 2012.-266c.
2. *Geshelw, E.E.* Basis of phyto pathological assessment in plant breeding/ E.E. Geshele. - M.: Kolos, 1978. – 197p.
3. *Dolgalev, M.P.* Adaptive spring wheat breeding in Orenburg Pre-Urals/ M.P. dolgalev, V.E. Tikhonov. Orenburg: IPK SEE OSU, 2005. - 290 p.
4. *Leonova, I.N.* Genetic analysis and localization of locuses which control tolerance of introgressive lines *Triticum aestivum* × *Triticum timopheevii* to leaf rust/ I.N. Leonova, M.S. Roder, E.B. Budashkina// Genetics. 2008. – V. 44. - №12.- P.1652-1659.
5. *Malchikov, P.N.* Spring durum wheat breeding in Middle Povolzhie: thesis of D.Sc. Bezenchuk, 2009. - 402 p.
6. *Novokhatka, V.G.* To the assessment technology of wheat and barley tolerance to powdery mildew/ V.G. Novokhatka, A.N. Borisenko// Breeding, seed-growing and wheat agrotechnology. – Col.of scien.w.of Mironov RIAP. – Mironovka. – 1977. – Iss.1. – P. 57-60.
7. *Sibikeev, S.N.* Achievements and perspectives of use of foreign genes in wheat breeding on tolerance to leaf rust/ S.N. Sibikeev, V.A. Krupnov, S.A. Voronina// strategy of plant breeding because of global warming. –Saratov, 2004. – P.249-258.
8. *Sibikeev, S.N.* Screening of a set of introgressive lines of soft spring wheat on presence of foreign translocations and chromosome substitution of wheat/ S.N. Sibikeev, V.M. Panin, I.Yu. Fadeeva, A.E. Druzhin// Agrarian Vestnik of South-East.– 2010. - №3-4(6-7). –P.41-44.
9. *Sukhanberdina, E.Kh.* Sources of wheat immunity to powdery mildew/ E.Kh. Sukhanberdina// Works on applied botany, genetics and breeding.–L., 1977.- V.58. Iss.3.- P.152-155
10. *Syukov, V.V.* Model of soft spring wheat breeding depending on the conditions of Mid-Volga region/ V.V. Sukov, A.A. Vyushkov, S.N. Shevchenko, S.E. porotkin, D.E. Zubov.– M.: ‘Achievements of science and technics of AIC’, 2006. – 107 p.
11. *Malchikov, P.N.* Introgression of powdery mildew (*Blumeria graminis* DC.F. *tritici*) from *T.Timopheevii* Zhuk. into the genome of *T.durum* Desf./ P.N.Malchikov, M.G.Myasnikova, I.N.Leonova, E.A.Salina // International Plant Breeding Congress 10-14 November.– Antalya, Turkey 2013.- 283p.
12. *Roder, M.S.* A microsatellite map of wheat / M.S. Roder, V. Korzun, K. Wendehake et.al. // Genetics. - 1998.- V/149.-P.2007-2023.
13. *Wu, S.* Molecular Mapping of Steam-Rust-Resistance gene *Sr40* in Wheat / Shuangye Wu, Michael Pumphrey, and Guichua Bai // Crop Science.–2009.- V.49.№5.-P.1681-1686.