

УСТОЙЧИВОСТЬ К ПРЕДУБОРОЧНОМУ ПРОРАСТАНИЮ ЗЕРНА СОРТОВ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ПАРАМЕТРУ «ЧИСЛО ПАДЕНИЯ»

Чакеева Тамара Вардкесовна, научный сотрудник, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М.Тулайкова.

446254, Самарская обл., Безенчукский р-н, пгт.Безенчук, ул. К.Маркса,41
chakheeva@icloud.com, ORCIDID: 0000-0002-9328-473X

Ключевые слова: пшеница твердая, сорт, число падения, устойчивость к прорастанию, селекция.

Цель исследований - идентификация сортов твердой пшеницы, стабильно формирующих зерно с высоким значением числа падения (ЧП). Качество зерна твердой пшеницы формируется под влиянием генотипа и условий среды в период налива и созревания зерна. Обильные осадки, росы, температурные колебания стимулируют семена уже на корню к завершению созревания (минуя или сокращая стадию покоя) и прорастанию. Это приводит к снижению основных параметров качества зерна и макарон. Для фенотипической оценки устойчивости к предуборочному прорастанию (УППЗ) у пшеницы применяются несколько методов, в том числе определение ЧП по Хагбергу-Пертену. В селекции на УППЗ - это основной метод оценки селекционного материала. Эксперимент включал 19 сортов и селекционных линий Самарского НИИСХ, изученных в период 2015-2019гг. по методике конкурсного сортоиспытания. Пробы для анализа брались с двух несмежных повторений после уборки и очистки зерна. В результате изучения были выявлены достоверные эффекты на величину признака условий года (80,3% от общего варьирования), генотипа (10,7%) и их взаимодействия (8,8%). По параметрам стабильности – коэффициенту вариации (CV), гомеостатичности (Hом), мере превосходства сорта (Pi) и величине признака в среднем по эксперименту отчетливо выделилась селекционная линия 1916д-17. Основываясь на этих же свойствах, к генотипам, перспективным для использования в качестве исходного материала, отнесены линии 1919д-9 и 1916д-10.

Введение

Качество зерна твердой пшеницы оценивается по следующим основным показателям: количеству белка и клейковины, стекловидности, массе зерновки, натурной массе, качеству клейковины, содержанию каротиноидов и индексу желтизны крупки. Эти свойства определяют кулинарные качества макаронных изделий – разваримость, потеря сухих веществ при варке, прочность и цвет макаронных изделий. Прорастание зерна на корню приводит к снижению стекловидности, обесцвечиванию и потемнению зерна, уменьшению его натурной массы, выхода муки и крупки при помолу, увеличению потерь сухих веществ при варке макарон и снижению их питательной ценности [1]. Степень прорастания на корню зависит от генотипа и условий среды в период налива и созревания зерна. Неблагоприятные условия формируют дожди, росы, низкие температуры. Для появления симптомов проросшего зерна достаточно небольшого количества осадков (10-15мм) при медленном их выпадении в несколько этапов [2]. Признаками проросшего зерна являются сморщивание и обесцвечивание, разрыв оболочки зародыша, появление корешка и затем побега. Прорастание связано с активностью α -амилазы, которая расщепляет крахмал эндосперма с выделением

энергии. Главная генетическая причина склонности к прорастанию зерна – наличие так называемых дефектных генов, начинающих функционировать в середине процесса созревания в результате активизации поздней амилазы (LMA – latematurity α -amylase) [3]. В геноме твердой пшеницы имеется два ортологичных гена этого фермента (α -Amy-A1, α -Amy-B1), идентифицированные и локализованные на длинных плечах хромосом 6-й группы – 6AL, 6BL [4]. Прорастание начинается после завершения покоя семян, который контролируется Vp (Viviparous)-генами (Vp-A1, Vp-B1), расположенными на длинных плечах 3-й группы хромосом A и B геномов. Устойчивые к прорастанию сорта содержат аллели этих генов, которые функционируют как факторы транскрипции, увеличивая продолжительность покоя семян [5, 6, 7]. Чувствительные к прорастанию сорта содержат аллели со слабой экспрессией, их роль в формировании покоя семян менее выражена. Red-аллели, контролирующие окраску покровов, ассоциированы с покоем семян, локализованы в хромосомах той же 3-й группы [8]. Рецессивное состояние этих аллелей у всех белозерных форм связано с более широким варьированием покоя семян [9]. Регуляция покоя и прорастания семян осуществляется через баланс двух основных гормонов

– абсцизовой кислоты (АБК) и гибберлина (Г). Роль АБК связана с развитием зародыша, наступлением и сохранением состояния покоя и препятствием экспрессии α -Аму-1. Противоположный эффект вызывает гиббереллин, индуцирующий активность α -Аму-1 и ростовые процессы [10, 11]. Также степень устойчивости к прорастанию зерна имеет определенную ассоциацию с различными морфологическими признаками колоса и растения – плотность колоса, прочность колосковых чешуй, восковой налет, высота растений, ориентация колоса в пространстве (вертикальное, горизонтальное, пониклое). Однако проявление этих взаимосвязей зависит от генофона (или генотипа) и условий среды, в которых возделывается тот или иной морфотип. В процессе одомашнивания или формирования культивируемых видов пшеницы в результате мутаций в локусе мягкой пшеницы TaPHS1 произошла потеря генов устойчивости к предуборочному прорастанию [12]. Также полногеномное исследование образцов китайской пшеницы позволило установить высокую концентрацию генетических факторов устойчивости среди стародавних сортов мягкой пшеницы [13]. Кроме генов σ -Аму-1, *Vp* и *Red*-аллелей, значительная часть устойчивости к прорастанию зерна принадлежит специфическим генам, расположенным в локусах количественных признаков (QTL). В частности в геноме мягкой пшеницы идентифицированы *Qphs* (Quantitative Pre-harvest sprouting Resistance) во всех хромосомах за исключением 1D [11]. С.П. Мартыновым и Т.В. Добротворской [14] при анализе ассоциаций устойчивости мягкой пшеницы к предуборочному прорастанию 1422 североамериканских сортообразцов установлены тесные ассоциации УППЗ с устойчивостью к фузариозу колоса, слабые, но статистически достоверные ассоциации с типом развития, остистостью, генами низкорослости Rht-B1 и Rht-D1. На основе родословных показано, что кластерная структура генного пула краснозерных и белозерных сортов практически одинакова, что объяснялось соотношением вкладов в наследственность устойчивых и восприимчивых сортов (независимо от окраски зерна) ландрас Crimean и Mediterranean. Устойчивость ассоциировалась с высоким вкладом ландрасы Crimean, а восприимчивость – с высоким вкладом Mediterranean. Очевидно, что это связано с соответствующими QTLs. Поиск генотипов стабильно в широком диапазоне условий среды, проявляющих устойчивость к прорастанию зерна – первый этап локализации QTL у их

конкретных носителей [15].

Для фенотипической оценки УППЗ у пшеницы применяются четыре метода: проращивание семян в лабораторных условиях и определение индекса прорастания, проращивание семян в колосе, определение ЧП по Хагбергу-Пертену [16, 17] и измерение активности α -амилазы. Метод определения ЧП наиболее продуктивен, его целесообразно применять при больших объемах оценки в селекции, он является важным ориентиром при количественной оценке УППЗ и в ряде исследований более информативен для селекционной оценки, чем прямое определение скорости прорастания зерна [18]. Принцип метода основан на зависимости активности α -амилазы от условий среды в период налива зерна и особенностей генотипа. Чем сильнее гидролизован крахмал этим ферментом, тем быстрее опускается шток-мешалка в пробирке прибора. Скорость опускания штока-мешалки, фиксируемая в секундах, получила название «число падения». В России требования для зерна первого и второго классов ЧП ограничено 200 секундами. В Австралии и Канаде требования более жесткие – 350 и 400 секунд соответственно. В селекции все изучаемые образцы по ЧП условно распределяют на три группы: 1) низкое – ниже 150-200с; 2) среднее – 200-350с; 3) высокое – выше 350с [2]. В отечественной литературе данные по изучению сортов твердой пшеницы российской селекции на УППЗ фрагментарны, в большинстве селекционных центров по этому признаку почти не проводятся систематические наблюдения коллекционного и селекционного материалов.

В связи с этим целью исследований являлась идентификация сортов твердой пшеницы, стабильно формирующих зерно с высоким значением числа падения.

Материал и методы исследований

В качестве объектов исследований была взята группа сортов селекции Самарского НИИ-ИСХ, изучение проведено в многолетнем опыте в течение 2015-2019гг. Полевые эксперименты выполнены в соответствии с общими требованиями к полевому эксперименту в селекции самоопыляющихся культур [19]. Сорта высевались на делянках с учетной площадью 20,0м² в четырех повторениях с рендомизированным размещением в блоках. Условия среды в периоды налива, созревания зерна и уборки, если судить по количеству осадков за годы изучения (табл.1), отличались достаточным разнообразием по потенциалу провоцирующей способ-

Таблица 1

Метеорологические условия по периодам вегетации твердой пшеницы (по сорту стандарту Безенчукская 210) в годы исследований, Безенчук, 2015-2019гг

Год	Метеопараметр	Период вегетации				
		всходы-кущение	кущение-трубкование	трубкование-колошение	колошение-восковая спелость	восковая спелость-уборка урожая
2015	Осадки, мм	42,2	0,3	0,7	47,2	9,0
	ГТК	1,06	0,01	0,03	1,06	0,33
2016	Осадки, мм	7,7	8,8	2,8	28,7	23,9
	ГТК	0,21	0,56	0,08	0,52	0,53
2017	Осадки, мм	55	47	27,0	50,0	14,0
	ГТК	4,2	3,2	1,2	1,1	0,32
2018	Осадки, мм	13,6	3,7	0,7	47,1	2,0
	ГТК	0,39	0,26	0,02	0,78	0,06
2019	Осадки, мм	5,5	2,8	1,5	58,5	35,6
	ГТК	0,15	0,14	0,05	1,17	0,95

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа числа падения сортов твердой пшеницы в зависимости от генотипа и условий года, Самарский НИИСХ, 2015-2019гг.

Факторы варьирования	Параметры дисперсионного анализа			
	Величина дисперсии		MS	Ff
	Сумма квадратов	% от общей дисперсии		
Общее	1184862	100,0	56,2	
Сорт (G)	126957	10,7	10878	2,78*
Год (E)	951872	80,3	20,2	537,4*
Взаимодействие GE	103952	8,8	2,8	7,2*
Остаточное	2080	0,2		

Сокращения: MS – средний квадрат; Ff – фактический критерий Фишера; * – значимо на уровне 5,0%.

ности к прорастанию. Наиболее благоприятные условия для предуборочного прорастания зерна и дифференциации сортов по устойчивости сложились в 2019 году. Для определения числа падения после уборки делянок с 2-х несмежных повторений отбирались пробы отсортированного зерна (50,0грамм), которые размалывались на лабораторной мельнице и на приборе "FallingNumber" Хагберга-Пертена на водной суспензии муки, определялось ЧП.

Полученные данные были обработаны методами однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа с определением эффектов среды, генотипа их взаимодействия и вклада в варьирование значений числа падения. Стабильность исследуемого признака определяли по коэффициенту вариации ($CV = \sigma/x * 100$, где σ – среднее квадратическое отклонение, x – среднее значение признака по средам), гомеостатичности по Хангильдину [20], $Hom = X^2/\sigma * (X_{opt} - X_{lim})$, где X^2 – квадрат среднего значения сорта по всем средам, X_{opt} и X_{lim} – значения сорта на оптимальном и лимитирующем фонах, σ – среднее квадра-

тическое отклонение, мере превосходства сорта по Lin and Bins [21], $P_i = \sum (X_{ij} - M_i)^2 / 2n$, где X_{ij} – ЧП i -того сорта в j -тый год, M_i – максимальное значение ЧП любого сорта в j -тый год.

Результаты исследований

Анализ результатов двухфакторного опыта позволил выявить вклад в общее варьирование признака «число падения» генотипа (G), среды (E) и их взаимодействия (GE) (табл.1). Установлено, что определяющими факторами варьирования признака с вкладом 80,3% были условия среды в годы исследований. Тем не менее, значимые и близкие по вкладам в общую дисперсию признака эффекты генотипа (10,7%) и взаимодействия генотип-среда (8,8%) указывают на наличие в исследуемой популяции устойчивых к прорастанию сортов.

Проявление эффектов взаимодействия «генотип-среда» указывает на то, что устойчивость отдельных сортов к прорастанию зависит от конкретных условий среды, что может быть связано с параметрами вегетационного периода и морфотипом сорта. В таблице 3 показаны

Число падения сортов твердой пшеницы, Безенчук, 2015-2019гг.

Сорт	Число падения					
	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	среднее
Харьковская 46	387	452	434	353	270	378
Безенчукская 139	378	425	400	358	257	364
Безенчукская 182	335	431	389	333	256	349
Безенчукская степная	373	404	426	353	225	356
Памяти Чеховича	454	476	440	427	227	405
Маринв	336	446	436	398	277	379
Безенчукская205	386	387	450	325	273	364
Безенчукская 209	381	416	420	364	187	354
Безенчукская нива	305	391	413	367	247	345
Безенчукская 210	443	476	414	438	182	391
Безенчукская золотистая	397	470	396	380	268	382
Безенчукская крепость	376	448	416	395	227	372
Золотая	363	400	424	376	174	347
Триада	349	400	389	405	158	340
1469д-59	374	424	412	391	221	364
1916д-10	400	451	439	408	257	391
1498д-59	389	440	428	409	234	380
1916д-17	461	512	500	451	337	452
1919д-9	405	456	444	418	257	396
х	384	437	425	387	239	374
НСР0,05	30,7	24,4	33,3	43,3	17,9	39,6

результаты оценки сортов по ЧП в зависимости от условий года.

В 2015 году в группу сортов с самым высоким уровнем ЧП от 443 до 461 секунды вошли линия 1916д-17 и сорта Памяти Чеховича и Безенчукская 210. Самые низкие значения ЧП имели Безенчукская нива – 305с, Безенчукская 182 – 335с, Марина -336с, Триада – 349с и Золотая -363с. В 2016 году все сорта к моменту уборки имели зерно в состоянии глубокого покоя, симптомов прорастания не было, ЧП у большинства сортов превысило величину 400 с. Только два сорта не достигли этого значения – Безенчукская 205-387с и Безенчукская нива -391с. Самый высокий уровень ЧП показала селекционная линия 1916д-17 – 512 с, близкие к этой величине значения имели сорта Памяти Чеховича и Безенчукская 210. Почти аналогичная ситуация сложилась в 2017 году – только три сорта не достигли по ЧП уровня 400с – Безенчукская 182, Безенчукская золотистая и Триада. Высокие значения ЧП отмечены у следующих сортов и селекцион-

ных линий – 1916д-17- 500с, Безенчукская 205 – 450с, Памяти Чеховича – 440с, 1916д-10 – 439с. В 2018 году при среднем значении ЧП по всем сортам 387 с, что соответствует уровню 2015 года, лучшими сортами были: 1916д-17- 451 с, Безенчукская 210-438с, Памяти Чеховича – 427с, т.е. те же сорта, что и в 2015 году. В группу сортов, достоверно уступивших по ЧП лучшим, вошли Безенчукская 205 - 325с, Безенчукская 182 – 333с, Безенчукская степная и Харьковская 46,оба с показателем – 353с, Безенчукская 209- 364с, Безенчукская нива – 367с и Золотая – 376с. Условия 2019 года среди изученных фонов можно отнести к провокационному – среднее по всем сортам значение ЧП составило 239с. Лучшими сортами на этом фоне были : 1916д-17 – 337с, Марина -277с, Безенчукская 205-273с, Харьковская 46-270с, Безенчукская золотистая – 268с, Безенчукская нива – 247с. Самый низкий показатель ЧП отмечен у сортов Триада – 158с, Золотая – 174с, Безенчукская 210 – 182с, Безенчукская 209- 187с.

Таблица 4

Параметры стабильности ЧП сортов твердой пшеницы, Безенчук, 2015-2019гг.

Сорт	CV	Ранг	Нот	Ранг	Pi	Ранг	Сумма рангов
Харьковская 46	19,1	7	10,9	5	724	6	18
Безенчукская139	17,8	2	12,2	2	1040	11	15
Безенчукская 182	18,9	5	10,5	7	1454	16	28
Безенчукская степная	22,0	12	8,0	12	1238	14	38
Памяти Чеховича	25,0	16	6,5	15	464	3	34
Марина	18,8	4	11,9	3	802	8	15
Безенчукская205	18,5	3	11,1	4	1151	13	20
Безенчукская 209	27,2	17	5,6	16	1371	15	48
Безенчукская нива	19,7	8	10,5	6	1624	17	31
Безенчукская 210	30,4	18	4,4	19	874	9	46
Безенчукская золотистая	19,0	6	9,9	9	697	5	20
Безенчукская крепость	23,0	15	7,3	14	885	10	39
Золотая	28,7	18	4,8	17	1582	16	51
Триада	30,6	19	4,6	18	1883	18	55
1469д-59	22,6	14	7,9	13	1056	12	39
1916д-10	19,9	9	10,1	8	511	4	21
1498д-59	22,1	13	8,4	11	734	7	31
1916д-17	15,3	1	16,9	1	0,0	1	3
1919д-9	20,3	10	9,8	10	445	2	22
х	21,2		8,9		975		

Обозначения: CV – коэффициент вариации; Нот – гомеостатичность; Pi – мера превосходства сорта.

Таким образом, большинство сортов в зависимости от складывающихся условий среды в период налива и созревания зерна в разных средах значительно меняет ранги по ЧП относительно друг друга, вплоть до перехода из группы лучших сортов в группу с наименьшими показателями ЧП. Это наглядно подтверждает значимые эффекты «генотип-среда», представленные выше по данным двухфакторного дисперсионного анализа. В связи с этим для селекционной практики очень важен отбор в качестве исходного материала стабильных по признаку сортов с высоким, средним по всем фонам значениями. В таблице 4 представлены результаты оценки ЧП сортов по коэффициенту вариации (CV), гомеостатичности (Нот) и мере превосходства сорта (Pi), описывающих стабильность признака и отзывчивость генотипов на благоприятные для формирования высоких значений ЧП, условий. Коэффициент вариации характеризует изменчивость признака в зависимости от условий среды и не зависит от размерности и его величины. Чем ниже значение CV,

тем стабильнее генотип. Стабильными по этому параметру могут быть сорта с низкими и высокими значениями. Параметр Нот учитывает величину признака по всем средам и его изменчивость как по всем средам, так и по наиболее контрастным фонам. Чем выше значение Нот, тем лучше сорт по стабильности и отзывчивости на благоприятные для формирования высокой величины ЧП условия. Мера превосходства сорта показывает соотношение исследуемого сорта с лучшим в данной среде, чем меньше Pi, тем стабильнее сорт. Сравнение проводили по сумме рангов сортов трех параметров. Лучшие сорта имеют меньшую сумму рангов. Лучшим генотипом с наименьшей суммой рангов была селекционная линия 1916д-17. По всем трем параметрам при ранжировании по ним сортов она была первой. В группу лучших с суммой рангов от 15 до 28 вошли следующие сорта: Марина, Безенчукская 139, Харьковская 46, Безенчукская 205, Безенчукская золотистая, 1916д-10 и 1919д-9. Кроме линии 1916д-17, которая была лучшей по ЧП во всех средах, отличалась самой низкой

вариабельностью и значительно выделялась по гомеостатичности, целесообразно включить в селекционный процесс в качестве исходного материала линии 1919д-9 и 1916д-10. Эти генотипы, отличаясь хорошей стабильностью ЧП, входили в группу лучших по величине признака в среднем по годам и в каждом году. Предполагается, что все три сорта имеют соответствующие QTLs, которые могут нести эффективные аллели генов *Аму-А1*, *σ-Аму-В1 uVp*.

Заключение

Изучение твердой пшеницы самарской селекции по ЧП были выявлены достоверные эффекты на величину признака условий года (80,3% от общего варьирования), генотипа (10,7%) и их взаимодействия (8,8%). Установлено, что большинство сортов в зависимости от складывающихся условий среды в период налива и созревания зерна в разных средах значительно меняют ранги по ЧП относительно друг друга, вплоть до перехода из группы лучших сортов в группу с наименьшими показателями ЧП. По параметрам стабильности CV, Ном и Pi, отчетливо выделилась селекционная линия 1916д-17. Помимо высокой стабильности признака эта линия имела и самые высокие значения ЧП по годам и в среднем по всему эксперименту. Основываясь на этих же свойствах, целесообразно включить в селекционный процесс в качестве исходного материала линии 1919д-9 и 1916д-10.

Библиографический список

1. Шутарева, Г. И. Селекция яровой твердой пшеницы на устойчивость к предуборочному прорастанию в Поволжье : спец. 06.01.05 - селекция и семеноводство : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Шутарева Галина Ивановна ; ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии. – Саратов, 2004. - 19 с.
2. Крупнов, В. А. Подходы по улучшению качества зерна пшеницы: селекция на число падения / В. А. Крупнов, О. В. Крупнова // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. - № 5(19). – С. 604-612.
3. Mares, D. J. Wheat grain preharvest sprouting and late maturity alpha-amylase / D. J. Mares, K. Mrva // *Planta*. – 2014. - 240. - P. 1167-1178. – URL : <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2172-5>.
4. Catalogue of gene symbols for wheat / R. A. McIntosh, J. Dubcovsky, W. J. Rogers, C. Morris, D. J. Sommers, R. Appels, K. M. Devos // *Supplement. Ann. - Wheat newsletter*. - KSU. - USA. - 2009. – 55. – P. 256-278.
5. Bailey, P. C. Genetic map location for orthologous Vp-1 genes in wheat and rice / P. C. Bailey, R. S.

McKibbin, J. R. Lenton // *Theor. Appl. Genet.* – 1999. – 98. – P. 281-284.

6. Characterization of the rich haplotypes of Viviparous-1A in Chinese wheats and development of a novel sequence-tagged site marker for pre-harvest sprouting resistance / Y. Yang, C. L. Zhang, S. X. Liu, Y. Q. Sun, J. Y. Meng, L. Q. Xia // *Mol. Breed.* – 2014. – 33. – P.78-88.

7. Zhang, Yingjun. The seed dormancy allele *Ta Sdr-A1a* associated with pre-harvest sprouting tolerance is present in Chinese wheat landraces / Yingjun Zhang, Xianchun Xia, Zhonghu He // *Theor. Appl. Genet.* - 2017. - 130. - P.94-89.

8. Genome-wide association analysis on pre-harvest sprouting resistance and grain color in U.S. winter wheat / M. Lin, D. Zhang, S. Lin, G. Zhang, J. Yu, A. K. Fritz, G. Bai // *BMC genomics*. - 2016. - 17. – P.794.

9. Антонов, Г. Ю. Источники устойчивости к предуборочному прорастанию и продуктивность яровой мягкой пшеницы : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с/х наук / Антонов Григорий Юрьевич : 06.01.05 Саратов – Саратов, 2007. – 18с.

10. Molecular aspects of seed dormancy / R. Finkelstein, W. Reeves, T. Ariuzum, C. Steber // *Ann. Rev. Plant Biol.* – 2008. – 59. – P. 387-415.

11. Unraveling Molecular and Genetic Studies of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Resistance against Factors Causing Pre-Harvest Sprouting / Ali Ahmad, Cao Jiajia, Hao Jiang, Cheng Chang, Hai-Ping Zhang, Salma Wahed Sheikh, Liaqat Shah, Chuanxi Ma // *Agronomy*. – 2019. – Vol. 9, Issue 3.

12. Independent mis-splicing mutations in *TaPHS1* causing loss of preharvest sprouting (PHS) resistance durum wheat domestication / S. Liu, K. S. Sehgal, M. Lin, J. Li, H. N. Trick, B. S. Gill, G. Bai // *New Phytologist*. – 2015. - 208. - P. 928-835.

13. Genome – Wide Association Study for Pre-harvest Sprouting Resistance in a large Germplasm Collection of Chinese Wheat Landraces / Yong Zhou, Hao Tang, Cheng Meng-Ping, O. Dankwa Kwame, Chen Zhong-Xu, Li Zhang-Yi, Gao Shang, Liu Ya-Xi, Jiang Qian-Tao, Lan Xiu-Jin, Pu Zhi-En, Wei Yu-Ming, Zheng You-Liang, Hickey Lee T, Wang Ji-Rui // *Front Plant Sci.* – 2017. – 8. – P. 401.

14. Мартынов, С. П. Устойчивость мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к предуборочному прорастанию: анализ ассоциаций / С. П. Мартынов, Т. В. Добротворская // *Генетика*. - 2012. - Т. 48, № 10. - С.1142-1152.

15. Sydenham, S. L. Targeted Haplotype Comparisons between South African Wheat Cultivars Appear Predictive of Pre-harvest Sprouting Tolerants / S. L. Sydenham, A. Barnard // *Front Plant Sci.* – 2018. – 9.

– P. 63.

16. Hagberg, S. A rapid method for determining alpha-amylase activity / S. Hagberg // *Cereal Chem.* - 1960. - 37. - P.218-222.

17. Perten, H. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase active / H. Perten // *Cereal Chem.* - 1964. - 41. - P.127-139.

18. Humphres, D. Methods for characterization of preharvest sprouting resistance in wheat breeding program / D. Humphres, J. Noll // *Euphytica.* – 2002. – 126. - P.61-65.

19. Седловский, А. М. Генетико-статистиче-

ские подходы к теории селекции самоопыляющихся культур / А. М. Седловский, С. П. Мартынов, Л. К. Мамонов. - Алма-Ата : Наука, 1982. - 200 с.

20. Хангильдин, В. В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа / В. В. Хангильдин // *Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений : сборник научных трудов.* – Москва : Наука, 1978. - С.111-116.

21. Lin, C. S. A method for analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter / C. S. Lin, M. R. Binns // *TAG.* - 1988. - 76. - P.425–430.

RESISTANCE TO PRE-HARVEST GERMINATION OF DURUM WHEAT GRAIN BY THE PARAMETER “ FALLING NUMBER»

T.M.Chaheeva

Samara federal research center of RAS, Samara research institute of agriculture named after N. M. Tulaykov. 446254, Samara region, Bezenchuksky district, Bezenchuk country, K.Marx street ,41; chakheeva@icloud.com, ORCIDID: 0000-0002-9328-473X

Key words: durum wheat, variety, number of falling, germination resistance, selection.

The aim of the research is to identify durum wheat varieties that consistently form grains with a high number of falls (NF). The quality of durum wheat grain is formed under the influence of the genotype and environmental conditions during the period of grain filling and maturity. Abundant rainfall, dew, temperature fluctuations, stimulate seeds already at the root to complete maturation (bypassing or reducing the dormant stage) and germination. This leads to a decrease the main parameters of quality of grain and pasta. Several methods are used for the phenotypic assessment of pre-harvest germination resistance (RPHGG) in wheat, including FN determination by Hagberg-Perten. In RPHGG breeding, this is the main method for evaluating breeding material. The experiment included 19 varieties and breeding lines of the Samara SRIA, studied in the period 2015-2019 according to the method of competitive variety testing. Samples for analysis were taken from two non-contiguous repetitions after harvesting and cleaning the grain. The study showed significant effects on the value of flag indicators of the year (80.3% of the total variation), genotype (10.7%) and their interaction (8.8%). In terms of stability parameters – coefficient of variation (CV), homeostaticity (Hom), the degree of variety superiority (Pi), and value of the trait on average for the experiment, the 1916d-17 breeding line was clearly distinguished. Based on these properties, the lines 1919d-9 and 1916d-10 are considered to be promising genotypes for use as source material.

Bibliography

1. Shutareva, Galina Ivanovna. Selection of spring durum wheat for resistance to pre-harvest germination in the Volga region: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences: 06.01.05 - breeding and seed production / G.I. Shutareva. – SSI ARI of South-East Russian agricultural academy, Saratov. – 2004 -19 p.

2. Krupnov, V.A. Approaches to improving the quality of wheat grain: selection for the number of falling / V.A.Krupnov, O.V.Krupnova // *Vavilov journal of genetics and plant breeding.* – 2015 - №5 (19). – P.604-612. DOI:10.18699/VJ15.077.

3. Mares D.J., Mrva K. Wheat grain preharvest sprouting and late maturity alpha-amylase / D.J.Mares, K.Mrva // *Planta.*-2014 - 240. - P.1167-1178. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2172-5>.

4. Catalogue of gene symbols for wheat /R.A.McIntosh, J.Dubcovsky, W.J.Rogers, C.Morris, D.J.Sommers, R.Appels, K.M. Devos// 2009. -Supplement. Ann. -Wheat newsletter.- KSU.- USA.- 55:256-278.

5. Bailey P.C., McKibbin R.S., Lenton J.R. Genetic map location for orthologous Vp-1 genes in wheat and rice. *Theor.Appl.Genet.* – 1999.- 98: 281-284.

6. Yang Y., Zhang C.L., Liu S.X., Sun Y.Q., Meng J.Y., Xia L.Q. Characterization of the rich haplotypes of Viviparous-1A in Chinese wheats and development of a novel sequence-tagged site marker for pre-harvest sprouting resistance. *Mol.Breed.* 2014, 33, 78-88.

7. Zhang Yingjun, Xia Xianchun, He Zhonghu / The seed dormancy allele Ta Sdr-A1 associated with pre-harvest sprouting tolerance is present in Chinese wheat landraces /Yingjun Zhang, Xianchun Xia, Zhonghu He // *Theor. Appl. Genet.*-2017.-130.-P.94-89.DOI:10.1007/s00122-016-2793-0.

8. Genome-wide association analysis on pre-harvest sprouting resistance and grain color in U.S. winter wheat /Lin M., Zhang D., Lin S., Zhang G., Yu J., Fritz A.K., Bai G.// *BMC genomics.*- 2016.- 17. 794. doi:10.1186/S12864-016-3148-6.

9. Antonov, G.Yu. Sources of resistance to pre-harvest germination and productivity of spring soft wheat / G.Yu. Antonov // Abstract of the PhD dissertation – Saratov – 2007 – 18p.

10. Finkelstein R., Reeves W., Ariizum T., Steber C. Molecular aspects of seed dormancy. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2008, 59: 387-415.

11. Ahmad Ali, Jiajia Cao, Hao Jiang, Cheng Chang, Hai-Ping Zhang, Salma Waheed Sheikh, Liaqat Shah and Chuanxi Ma. Unraveling Molecular and Genetic Studies of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Resistance against Factors Causing Pre-Harvest Sprouting. *Journals Agronomy* – 2019- Volume 9. – Issue 3. doi.org:10.3390/agronomy9030117.

12. Independent mis-splicing mutations in TaPHS1 causing loss of preharvest sprouting (PHS) resistance durum wheat domestication /Liu S., Sehgal S. K., Lin M., Li J., Trick H.N., Gill B.S., Bai G // *New Phytologist.*-2015.- 208.- P.928-835. doi: 10.1111/nph.13489.

13. Genome – Wide Association Study for Pre-harvest Sprouting Resistance in a large Germplasm Collection of Chinese Wheat Landraces /Zhou Yong, Tang Hao, Cheng Meng-Ping, Dankwa Kwame O., Chen Zhong-Xu, Li Zhang-Yi, Gao Shang, Liu Ya-Xi, Jiang Qian-Tao, Lan Xiu-Jin, Pu Zhi-En, Wei Yu-Ming, Zheng You-Liang, Hickey Lee T and Wang Ji-Rui // *Front Plant Sci.* – 2017.-8:401. doi:10.3389/fpls.2017.00401.

14. Martynov, S.P. Resistance of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) to pre-harvest germination: association analysis / S.P.Martynov, T.V. Dobrotvorskaya // *Genetics.* - 2012.-volume 48. №10. - P.1142-1152.

15. Sydenham S.L., Barnard A. Targeted Haplotype Comparisons between South African Wheat Cultivars Appear Predictive of Pre-harvest Sprouting Tolerances /S.L.Sydenham, A.Barnard // *Front Plant Sci.* – 2018/-9:63. doi:10.3389/fpls.2018.00063.

16. Hagberg S.A rapid method for determining alpha-amylase activity /S.Hagberg // *Cereal Chem.*-1960.-37. P.218-222.

17. Perten H. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase active / H.Perten // *Cereal Chem.*-1964.-41.P.127-139.

18. Humphres D. Methods for characterization of preharvest sprouting resistance in wheat breeding program /D.Humphres, J. Noll // *Euphytica.*-2002-126/-P.61-65. doi:10.1023/A:101967622356.

19. Sedlovsky, A.M. Genetic and statistical approaches to the theory of selection of self-pertailing crops / A.M.Sedlovsky, S.P.Martynov, L.K.Mamonov // *Alma-Ata: Science.*- 1982.-200 p.

20. Khangildin V.V. On the principles of modeling intensive varieties / V.V. Khangildin // *Col.r.papers.- Genetics of quantitative traits of agricultural plants.* - M.- Science.-1978.- P.111-116.

21. Lin C.S. A method for analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter /C.S. Lin, M.R. Binns. TAG.1988; 76: P.425–430. doi:10.1007/BF00265344