

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Н. А. ДУКТОВА, Е. М. МИНИНА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: duktova@tut.by

(Поступила в редакцию 05.02.2019)

*В условиях северо-восточной части Беларуси проведено изучение физико-химических свойств зерна сортов яровой твердой пшеницы белорусской селекции (Розалия, Валента, Дуняша, Катюша, Елена и Владлена) и итальянской селекции (Ириде, допущен к возделыванию в Беларуси). Выявлена зависимость показателей качества зерна от сортовых особенностей твердой пшеницы и климатических условий периода вегетации. Определено лимитирующее влияние на формирование качества зерна условий влагообеспеченности посева, особенно в период формирования и налива зерна. Исследуемые сорта характеризовались высокой массой 1000 зерен (36–45 г) и натурой от 728 до 796 г/л. Взаимосвязь массы 1000 зерен и природы для зерна твердой пшеницы подтверждена коэффициентом корреляции ( $r = +0,84$ ). Стекловидность зерна варьировала по сортам от 83 до 92 %, по годам – 78–94 %. Содержание белка и клейковины изменялось в диапазоне 14,6–16,6 % и 29–37 % соответственно по сортам и 13,9–16,3 %, 30–36 % по годам исследований. По качеству клейковина всех сортов относилась ко II группе (86–97 ед. приб. ИДК). В результате оценки физико-химических свойств установлено соответствие зерна отечественных сортов твердой яровой пшеницы требованиям ГОСТ 9353-2016, что свидетельствует о его пригодности к выработке макаронных изделий группы А. Наиболее ценными по совокупности показателей качества зерна являются сорта Дуняша, Розалия и Катюша.*

**Ключевые слова:** *Triticum durum*, физико-химические свойства, показатели качества.

*In the conditions of the north-eastern part of Belarus, the physicochemical properties of grain of varieties of spring durum wheat of Belarusian breeding (Rozaliia, Valenta, Duniasha, Katiusha, Elena and Vladlena) and Italian breeding (Irida, approved for cultivation in Belarus) were studied. We have established the dependence of grain quality indicators on varietal characteristics of durum wheat and climatic conditions of the growing season. We have established the limiting influence of moisture availability on grain quality, especially during the period of grain formation and filling. The studied varieties were characterized by a high weight of 1000 grains (36-45 g) and nature from 728 to 796 g / l. The relationship of the weight of 1000 grains and nature for durum wheat grain is confirmed by the correlation coefficient ( $r = +0.84$ ). The vitreousness of grain varied in varieties from 83 to 92%, over the years – from 78 to 94%. The content of protein and gluten varied according to the variety in the range of 14.6-16.6% and 29-37%, respectively, and over the years of research – 13.9-16.3%, 30-36%, respectively. According to the quality, all varieties of gluten belonged to group II (86-97 units of gluten deformation index). As a result of evaluating the physicochemical properties, the grain of domestic varieties of spring durum wheat was found to comply with the requirements of GOST 9353-2016, which indicates its suitability for the production of pasta of group A. Duniasha, Rozaliia and Katiusha varieties are the most valuable according to a complex of grain quality indicators.*

**Key words:** *Triticum durum*, physicochemical properties, quality indicators.

### Введение

В последние годы в Республике Беларусь существенно расширился ассортимент хлебобулочных, кондитерских, макаронных и крупяных изделий. Особую группу среди данной категории продукции занимают изделия, составляющие основу здорового питания. В связи с ростом покупательской способности белорусов все более востребованными становятся высококачественные продукты – мультизерновые хлеба и крупы, макаронные изделия группы А, богатые клетчаткой хлебцы и др. Для выработки данных продуктов незаменимым сырьем является зерно пшеницы твердой (*Triticum durum* Desf.). В мировом зерновом производстве на долю твердой пшеницы приходится 7–9 %, основными производителями являются Канада, США, Россия, Казахстан, Украина и ряд стран Евросоюза [3]. Производство durum в мире составляет около 30–35 млн. т в год [12]. Потребности Беларуси в сырьевом зерне пшеницы твердой до недавнего времени обеспечивались за счет импорта, однако постоянно возрастающий спрос и высокая цена на данную продукцию послужили толчком для развертывания селекционных программ по интродукции данной культуры в нашем регионе. В настоящее время в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включено 4 сорта озимой твердой пшеницы (в том числе один отечественной селекции – Славица) и 4 сорта яровой (в том числе два отечественных – Розалия и Валента). Лимитирующим фактором для данной культуры является качество зерна, поскольку 99 % ее используется в макаронной промышленности. В условиях конкуренции качество продукции должно исследоваться, прежде всего, с точки зрения обеспечения конкурентоспособности продукции, и в этой связи производителя должны интересовать те свойства продукции и уровень параметров, их определяющих, которые представляют интерес для покупателя, и обеспечивает удовлетворение его потребностей.

В связи с этим целью наших исследований является оценка физико-химических показателей зерна отечественных сортов яровой твердой пшеницы и их пригодности для выработки макаронных изделий.

### Основная часть

Исследования проводились в 2015–2018 гг. в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» путем постановки полевых опытов и лабораторных анализов. В качестве объек-

тов исследований выступали сорта селекции УО БГСХА – Розалия (контроль), Валента, Дуняша, Толеса, Елена, Владлена, Катюша и сорт итальянской селекции Ириде, также районированный в Беларуси. Полевой опыт был заложен на опытном участке «Тушково» УНЦ «Опытные поля БГСХА» по методике конкурсного сортоиспытания. Анализ показателей качества осуществляли в УО БГСХА в Испытательной лаборатории качества семян и научно-исследовательской лаборатории кафедры ботаники и физиологии растений.

Комплексное исследование технологических свойств зерна твердой пшеницы имеет большое значение для подбора оптимальных параметров технологического процесса производства макаронной муки. На технологические свойства зерна пшеницы влияют такие признаки, как геометрические размеры зерновки и форма зерна, масса 1000 зерен, натура, стекловидность, содержание белка, содержание и качество клейковины [5, 6]. Вегетационные периоды 2015–2018 годов существенно различались по гидротермическому режиму (табл. 1), что позволило всесторонне изучить их влияние на формирование показателей качества зерна яровой твердой пшеницы (рис. 1).

Таблица 1. Характеристика погодных условий в годы исследований (по данным Горечковской агрометеостанции)

Показатель	Вегетационный период (1 декада мая – 1 декада августа)			
	2015	2016	2017	2018
Сумма осадков, мм	104,6	302,7	241,3	282,9
Сумма эффективных температур ( $5 < \text{°C}$ )	1660,6	1756,0	1502,0	1770,3
Гидротермический коэффициент (ГТК)	0,63	1,72	1,59	1,60

Вегетационный период 2015 г. характеризовался близким к среднемуголетним данным температурным режимом на фоне недостаточного выпадения осадков на протяжении всего периода вегетации пшеницы. В результате ГТК Селянинова составил лишь 0,63, что свидетельствует о недостаточном увлажнении. Это позволило получить высококачественное зерно твердой пшеницы с содержанием клейковины 36 % и сырого белка 16,3 % (рис. 1).

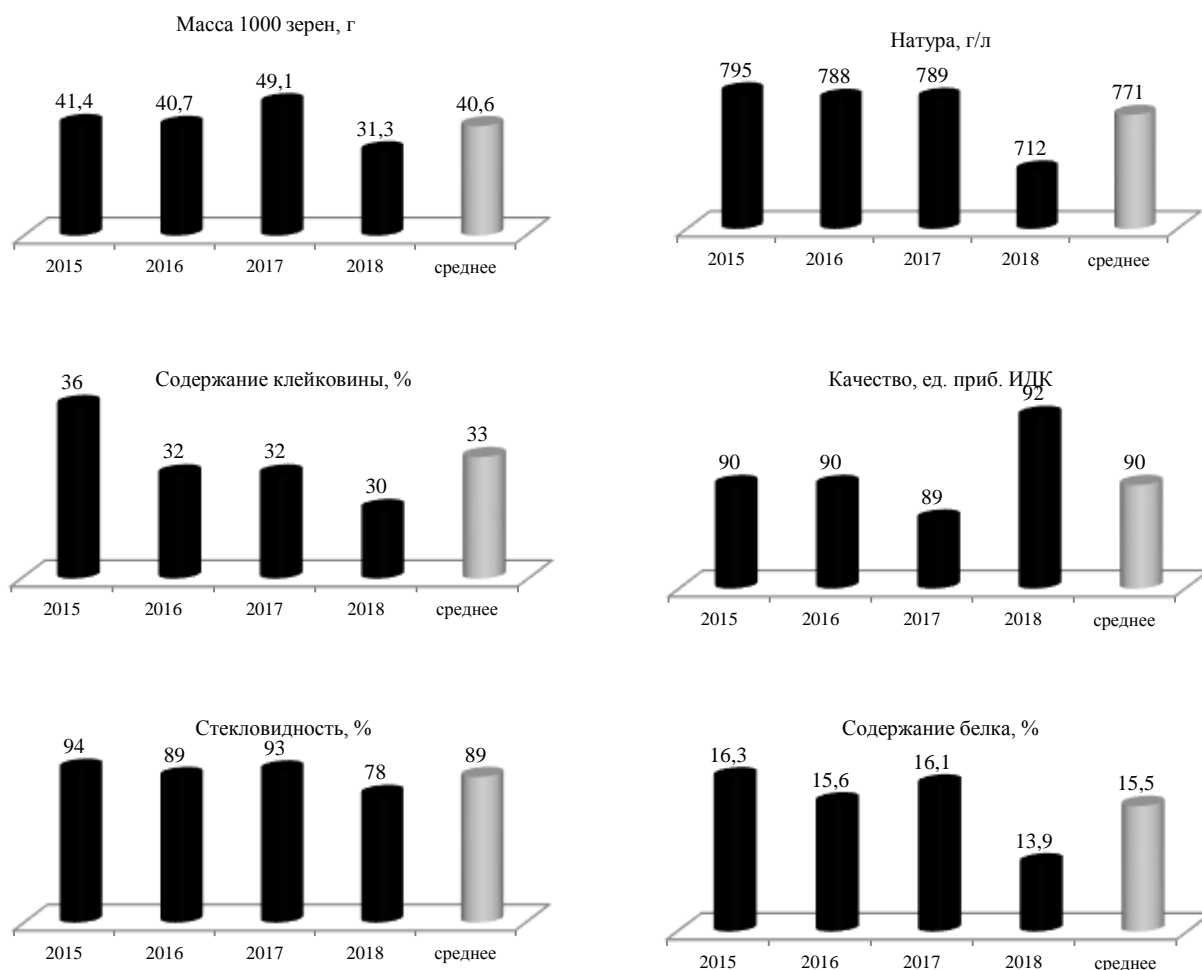


Рис. 1. Изменчивость физико-химических свойств зерна твердой пшеницы по годам

Структура эндосперма, т. е. его стекловидность, характеризует степень связи белковых веществ с крахмальными зернами. Стекловидность является видовым, наследственным признаком, но на ее

формирование влияют условия произрастания, влагообеспеченность, уровень минерального питания, температура воздуха и почвы, нормы высева, сроки посева и уборки. Поэтому высокая температура и низкая влажность способствуют образованию стекловидного зерна, а в условиях пониженных температур воздуха и избыточном увлажнении формируются мучнистые зерна [10]. Так, в условиях 2015 года невысокий показатель стекловидности (86 %) отмечен только у сорта Владлена, в среднем стекловидность составила 94 % с варьированием от 92 % (Розалия) до 98 % (Дуняша, Толеса, Елена) (табл. 2).

Таблица 2. Физико-химические показатели качества зерна яровой твердой пшеницы

Сорт пшеницы	Год выращивания	Физико-химические свойства зерна					
		масса 1000 зерен, г	натура, г/л	стекловидность, %	содержание клейковины, %	качество, ед. приб. ИДК	содержание белка, %
Розалия	2015	46,0	796	92	37	92	16,4
	2016	39,7	788	87	37	102	15,8
	2017	60,8	816	96	36	95	16,3
	2018	31,4	714	84	32	99	13,2
Ириде	2015	41,4	778	94	33	88	15,8
	2016	34,8	788	93	31	79	14,6
	2017	35,6	802	85	29	86	15,2
	2018	30,8	715	74	27	91	12,8
Дуняша	2015	41,2	804	98	39	94	17,2
	2016	41,0	794	91	33	92	16,8
	2017	56,1	810	99	40	90	17,3
	2018	31,3	717	80	37	89	15,1
Валента	2015	48,4	810	95	35	84	15,8
	2016	42,3	800	85	32	88	16,0
	2017	50,0	702	96	29	90	16,6
	2018	32,0	711	78	31	85	14,6
Толеса	2015	30,7	786	98	38	89	15,6
	2016	45,0	737	95	32	86	15,3
	2017	49,3	688	96	31	83	14,8
	2018	30,3	702	75	29	92	13,3
Елена	2015	39,6	785	98	33	92	16,1
	2016	43,9	807	78	28	102	14,6
	2017	41,4	793	82	29	95	15,8
	2018	32,4	712	74	26	99	13,2
Владлена	2015	40,8	789	86	35	88	16,2
	2016	45,0	818	91	32	79	16,4
	2017	47,6	870	97	28	86	15,8
	2018	31,6	708	78	27	91	14,1
Катюша	2015	43,1	815	94	35	94	17,3
	2016	34,2	777	93	29	92	15,7
	2017	51,8	827	96	33	90	16,8
	2018	30,8	720	81	30	89	15,2
среднее	2015	41,4	795	94	36	90	16,3
	2016	40,7	788	89	32	90	15,6
	2017	49,1	789	93	32	89	16,1
	2018	31,3	712	78	30	92	13,9
	<i>среднее</i>	<b>40,6</b>	<b>771</b>	<b>89</b>	<b>33</b>	<b>90</b>	<b>15,5</b>

В отличие от 2015 года, вегетационные периоды 2016, 2017 и 2018 годов характеризовались избыточным увлажнением – ГТК 1,59–1,72. При этом 2016 г. характеризовался повышенными температурами на протяжении всего периода вегетации с количеством выпавших осадков, превышающих среднесезонные данные в мае (+52,6 мм) и июле (+31,2 мм). Избыточное увлажнение (ГТК 1,72) лимитировало формирование качества зерна, в результате, даже на фоне достаточной теплообеспеченности (СЭТ 1756,0 °С) все сорта твердой пшеницы уступали по физико-химическим свойствам зерна показателям 2015 года.

В 2017 году прохладная температура мая (-1,1 °С) способствовала дополнительному кущению растений твердой пшеницы. Вегетативный период развития растений также проходил на фоне пониженных температур (СЭТ 455°) и некоторого недостатка осадков (-38 % к среднесезонному показателю). В результате растения сформировали плотный стеблестой и достаточную вегетативную массу, что обеспечило дополнительный отток пластических веществ к формирующемуся зерну и, как следствие, масса 1000 зерен была наибольшей за все годы исследований – 49,1 г (до 60,8 г у сорта Розалия). Избыточное же увлажнение во второй половине вегетации (159 % от нормы в июле) негативно

отразилось на содержании (32 %) и качестве клейковины. Повышение среднесуточной температуры в 1 декаде августа обеспечило своевременную уборку и сохранение качества урожая.

Начало вегетационного периода 2018 г. (май–июнь) характеризовалось повышенными температурами на фоне недостаточного выпадения осадков (65 % от среднемноголетней), особенно в первую (0,3 мм) и третью декаду (3,3 мм) мая. Твердая пшеница, характеризующаяся стекловидным эндоспермом, требует высокой влажности почвы на стадии прорастания, поэтому в сложившихся условиях всходы были изрежены. Сухая жаркая погода в ювенильный период развития не способствовала нарастанию вегетативной массы и в репродуктивную фазу растения вступили, сформировав 3–5 побегов кущения, из них 1–2 продуктивных. В июле температурные параметры также превышали среднемноголетние значения (+1,0 °C), а по количеству осадков установлено существенное их превышение, особенно в первую половину месяца –138,6 мм (180 %). Затяжные дожди в период образования и налива зерна привели к череззернице и формированию урожая яровой твердой пшеницы самого низ-кого качества за все годы наблюдений.

Физико-химические показатели качества зерна также варьировали в зависимости от генотипа сорта (табл. 2, рис. 2).

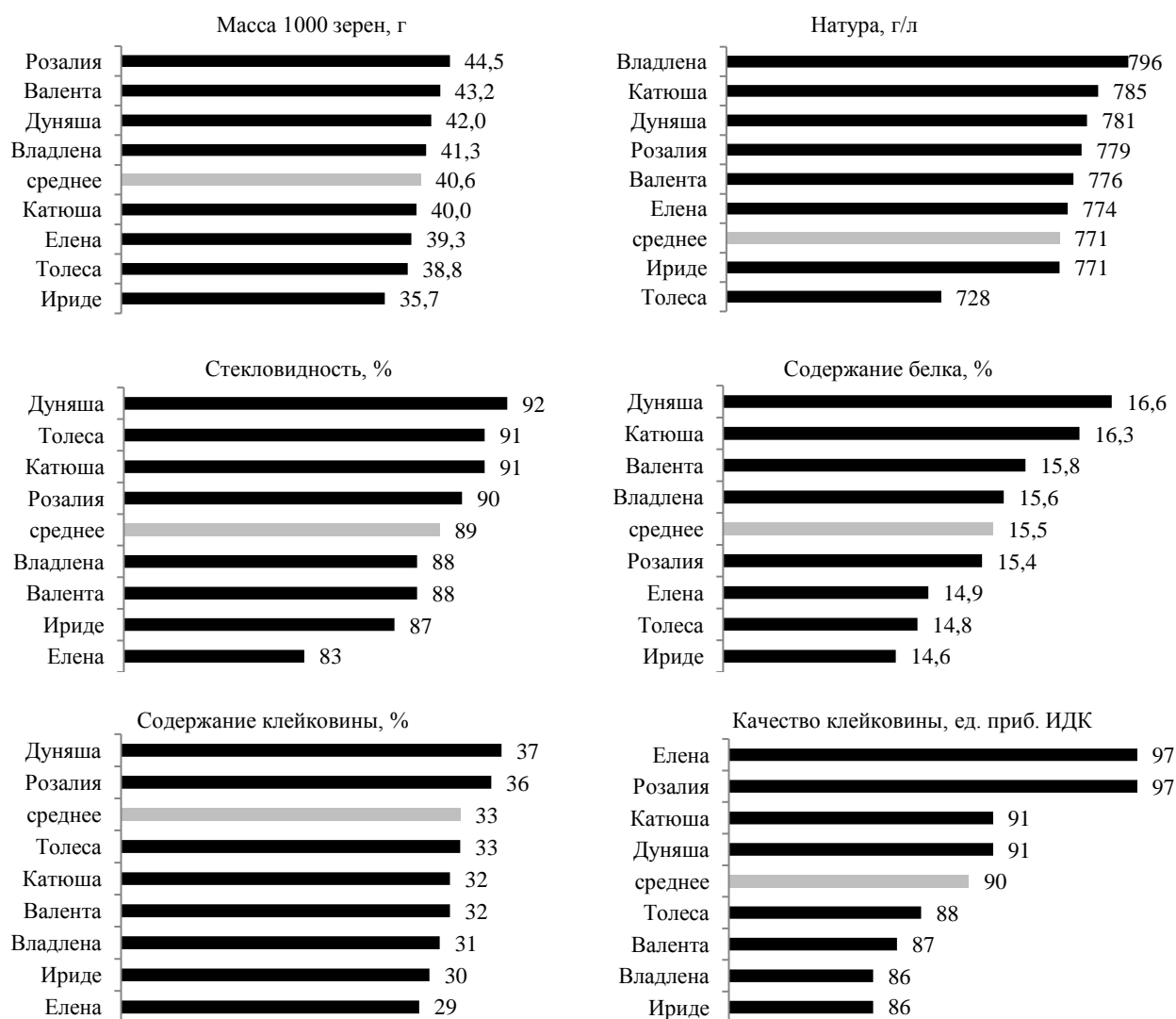


Рис. 2. Ранжирование сортов твердой пшеницы по показателям качества зерна

Масса 1000 зерен отражает количество вещества, содержащегося в зерне, его крупность. Более крупное зерно имеет и более высокую массу 1000 зерен. В крупном зерне количество оболочек и масса зародыша по отношению к эндосперму наименьшие. И хотя в мелком зерне более тонкие оболочки и меньший зародыш, соотношение между ними и массой зерна в целом всегда в пользу крупного зерна [4]. По массе 1000 зерен контрольный сорт Розалия с массой (44,5 г) превышал все

остальные сортообразцы. Наиболее крупное зерно формировали Дуняша (56,1–31,3 г), Розалия (60,8–31,4 г), Валента (50,0–30,0 г).

Натура зерна – масса установленного объема. Натура зависит от крупности и плотности зерна, состояния его поверхности, степени налива, массовой доли влаги и количества примесей. Зерно с высокими значениями натуры характеризуют как хорошо развитое, содержащее больше эндосперма и меньше оболочек. При уменьшении на 1 г натуры пшеницы выход муки снижается на 0,11 % и увеличивается количество отрубей. Наибольшую ценность представляют образцы пшеницы, относящиеся к I группе – высоконатурное зерно (более 785 г/л) и ко II группе – средненатурное зерно (745–784 г/л). Среди изученных сортов к высоконатурному относится сорт Владлена (796 г/л), сорт твердой пшеницы Толеса относится к низконатурному (728 г/л), остальные сорта являются средненатурными с натурой в диапазоне от 771 г/л у сорта Ириде до 785 г/л у сорта Катюша. Натура связана с массой 1000 зерен и определяет крупность зерна: увеличение массы 1000 зерен приводит к увеличению натуры ( $r = + 0,84$ ) (рис. 3). Однако это характерно для зерновой смеси, выравненной по крупности [1].

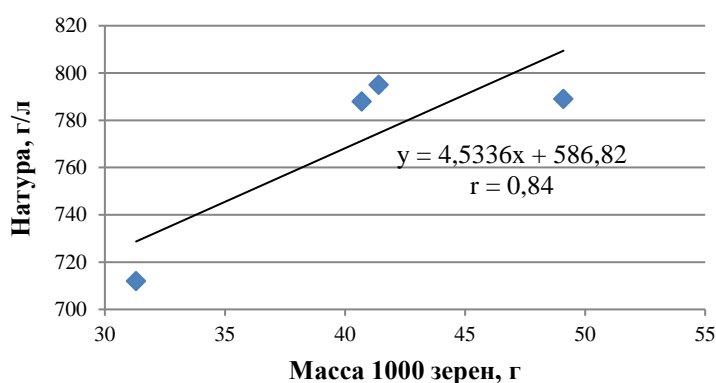


Рис. 3. Корреляционное поле зависимости натуры от массы 1000 зерен по годам исследований

Стекловидность зерна отражает консистенцию эндосперма и относительное содержание крахмала и белка в нем. Структура эндосперма может быть стекловидной и мучнистой. Твёрдая пшеница имеет более высокую стекловидность, чем мягкая – в среднем на 20–30 %. В стекловидном зерне крахмальные гранулы и белковые вещества уложены очень плотно и имеют прочную связь, между ними не остается микропромежутков. Такое зерно во время дробления раскалывается на крупные частицы и почти не дает муки. В мучнистом зерне имеются микропромежутки, которые придают эндосперму рыхлость, а при просвечивании на диафаноскопе рассеивают свет, обуславливая непрозрачность зерна [3, 9]. Зерно твердой пшеницы со стекловидным эндоспермом обладает большей механической прочностью и требует большего расхода энергии на измельчение, что необходимо учитывать при подборе режимов подготовки зерна к переработке [9].

В наших исследованиях стекловидность составила в среднем 89 %, с колебанием 74–99 %, что свидетельствует о соответствии образцов требованиям ГОСТ 9353-2016 [11]. Превышение над контрольным сортом Розалия (90 %) выявили образцы Дуняша (92 %), Толеса (91 %) и Катюша (91 %). Существует прямая связь между стекловидностью и содержанием белка и клейковины, стекловидное зерно характеризуется и лучшими технологическими свойствами [8].

Кроме технологически значимых показателей, обеспечивающих получение качественных макаронных изделий, важной характеристикой товарного зерна пшеницы является питательная ценность. Наиболее важным веществом зерна пшеницы является белок. Его содержание в зерне пшеницы в среднем составляет 11–13 % с колебанием от 8 до 22 %. При низком содержании общего белка (ниже 11 %) в пшенице формируется недостаточное количество клейковинного белка, который предопределяет технологические свойства зерна и выработанной из него муки. Для производства макаронной муки необходимо содержание белка в зерне на уровне 12–15 % (при 14 %-й влажности) [14]. Все анализируемые отечественные сорта твердой пшеницы превышали базовые показатели по содержанию белка. Лучшими были сорта Дуняша (16,6 %), Катюша (16,3 %), Валента (15,8 %) и Владлена (15,6 %), превышающие контрольный сорт Розалия (15,4 %).

Одним из важнейших показателей качества при производстве макаронной муки является содержание клейковины. На содержание и качество клейковины зерна значительное влияние оказывают почвенно-климатические условия и уровень агротехники [2, 13]. Переход простых азотистых веществ в клейковинные белки происходит в основном в фазы молочной и восковой спелости. Неблагоприят-

ные климатические условия могут задержать процесс образования клейковины, что наблюдалось в 2018 году.

Нормальными варочными свойствами обладают макаронные изделия при содержании сырой клейковины в муке 25–40 %. С уменьшением ее уменьшается продолжительность варки до готовности и прочность сваренных изделий, возрастает объем поглощенной воды и количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, увеличивается степень слипаемости готовых изделий [7]. Согласно требованиям ГОСТ 9353-2016, массовая доля клейковины для твердой пшеницы должна находиться в пределах от 18 % до 28 %) [11]. Содержание клейковины исследованных сортов твердой пшеницы находилось в диапазоне от 37 % (Дуняша) до 29 % (Елена). Наибольшее содержание клейковины наблюдалось в зерне сортов Дуняша (37 %) и Розалия (36 %).

Качество клейковины является более стойким наследственным признаком сорта по сравнению с содержанием клейковины [6, 2, 13] и характеризуется совокупностью физических свойств – растяжимость, упругость, эластичность, связность. Качество клейковины в ряде случаев оказывает решающее значение для продовольственного зерна, поскольку варьирование его весьма значительно, особенно в последние годы при неблагоприятных условиях созревания и уборки зерновых. На качество клейковины, кроме условий выращивания пшеницы, влияют также степень зрелости зерна, поврежденность и др., поэтому оно может колебаться в широких пределах: от 0 до 150 ед. ИДК и подразделяется на 5 групп: 0–15 ед. – 3 гр. неудовлетворительно крепкая; 20–40 ед. – 2 гр. удовлетворительно крепкая; 45–75 – 1 гр. хорошая; 80–100 ед. – 2 гр. удовлетворительно слабая; более 105 ед. – 3 гр. неудовлетворительно слабая. По качеству клейковина всех сортов относилась ко II группе (86–97 ед. приб. ИДК), что соответствует требованиям ГОСТ 9353-2016 (18–102 ед. приб. ИДК) [11].

### **Заключение**

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлены диапазоны варьирования показателей физико-химических свойств зерна яровой твердой пшеницы в зависимости от генотипа и условий выращивания. Определено лимитирующее влияние на формирование показателей качества зерна условий влагообеспеченности посева, особенно в период формирования и налива зерна. Установлено соответствие зерна отечественных сортов твердой яровой пшеницы требованиям ГОСТ 9353-2016, что свидетельствует о его пригодности к выработке макаронных изделий группы А.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Гунькин, В. Влияние формы зерна пшеницы на ее натуру / В. Гунькин, Г. Карпиленко, А. Сорокин // Хлебопродукты. – 2009. – № 9. – С. 56–57.
2. Долгодворова, Л. И. Селекция полевых культур на качество / Л. И. Долгодворова. – М.: Изд-во МСХА, 1995. – 180 с.
3. Дуктова, Н. А. Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) – новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы / Н. А. Дуктова, В. П. Дуктов, В. В. Павловский // Известия НАН Беларуси. – 2015. – № 3. – С. 85–92.
4. Егоров, Г. А. Технология муки, крупы и комбикормов / Г. А. Егоров, Е. М. Мельников, Б. М. Максимчук. – М.: Колос, 1984. – 376 с.
5. Иванова, Т. Н. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров / Т. Н. Иванова. – М.: Академия, 2004.
6. Казаков, Е. Д. Зерноведение с основами растениеводства / Е. Д. Казаков. – М.: Колос, 1973. – 288 с.
7. Качество муки для производства макарон [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://pasta.agava.ru/durum\\_quality3.htm](http://pasta.agava.ru/durum_quality3.htm) – Дата доступа 04.02.2019.
8. Кулак, В. Г. Технология производства муки / В. Г. Кулак, Б. М. Максимчук. – М.: Агропромиздат, 1981. – 432 с.
9. Латыпов, А. З. Оценка технологических и макаронных свойств зерна новых форм яровой твердой пшеницы, полученной в условиях Беларуси / А. З. Латыпов, Н. А. Дуктова, И. С. Косцова, В. В. Павловский // Вестник БГСХА. 2007. – № 3. – С. 69–72.
10. Попова, Е. П. Микроструктура зерна и семян / Е. П. Попова. – М.: Колос, 1979. – 224 с.
11. Пшеница. Технические условия: ГОСТ 9353-2016. – Введ. 01.07.2018. – М.: Стандартинформ, 2016. – 14 с.
12. Твердая (тургидная) озимая пшеница в Ростовской области (сортовой состав, технология возделывания, семеноводство): рекомендации / Н. Е. Самофалова [и др.] / РАСХН; ГНУ ВНИИЗК им. И. Г. Калиненко. – Ростов-н/Дону, 2012. – 61 с.
13. Усольцева, Т. И. Изменение клейковины в зависимости от некоторых условий выращивания пшеницы / Т. И. Усольцева // Вопросы качества зерна и методы его оценки: труды научн. конф., выпуск 50-51 / ВНИИЗ; под ред. Л. А. Трисвятского. – М.: ЦИНТИ, 1964. – С. 255–260.
14. Шевченко, С. Н. Производство высококачественного зерна яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: науч.-практ. руковод. / С. Н. Шевченко, В. А. Корчагин, О. И. Горянин, П. Н. Мальчиков, А. А. Вьюшков, А. П. Чичкин. – Самара: СамНЦ РАН, 2010. – 75 с.: табл., рис. – Библиогр.: с. 71–73.