

УДК 633.11«324»:631.524.7

06.01.05 - Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки)

**ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С РЕДКОЙ ОКРАСКОЙ ЗЕРНА ПО ПРОДУКТИВНОСТИ КОЛОСА И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА**

Медведенко Анна Александровна  
аспирант  
SPIN-код: 9071-0761  
[ann.medvedenko@yandex.ru](mailto:ann.medvedenko@yandex.ru)

Цаценко Людмила Владимировна  
д-р. биол. наук, профессор  
SPIN-код: 2120-6510, AuthorID: 94468  
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>  
Scopus Author ID: 55952841000  
[lvt-lemnna@yandex.ru](mailto:lvt-lemnna@yandex.ru)

*Кубанский Государственный Аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия*

В работе рассматриваются вопросы предселекционного изучения сортообразцов пшеницы озимой мягкой с редкой окраской зерна. Редкая окраска проявляется в сером, пурпурном, антоциановом окрашивании зерновки пшеницы. Исследования проводили по таким показателям: длина колоса, число колосков в колосе, плотность колоса, озерненность колоса, число зерен в колоске и масса 1000 зерен. Также была проведена оценка качества зерна. Установлена умеренная корреляционная связь ( $r = 0,43$ ) между показателям как клейковина и ИДК, между содержанием белка и стекловидность, клейковиной и стекловидность корреляционные связи заметные ( $r = 0,50$ ;  $r = 0,52$  соответственно), но также несущественны. Таким образом, анализ по качеству зерна у исследуемых сортообразцов озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна, позволил отметить, что не один из них не превышает контрольный образец по всем показателям кроме ИДК. Близким к контролю по содержанию клейковины и белка является var. *viriduhostianum* (27,3 % и 16,8 % соответственно)

Ключевые слова: ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЛОСА, КАЧЕСТВО ЗЕРНА, КЛЕЙКОВИНА, РЕДКАЯ ОКРАСКА ЗЕРНА, КОЛЛЕКЦИОННЫЕ ОБРАЗЦЫ

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-171-010>

UDC 633.11«324»:631.524.7

06.01.05 - Selection and seed production of agricultural plants (agricultural sciences)

**CHARACTERISTICS OF VARIETIES OF WINTER SOFT WHEAT WITH A RARE GRAIN COLOR BY EAR PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY**

Medvedenko Anna Aleksandrovna  
postgraduate student  
RSCI SPIN-code: 9071-0761  
[ann.medvedenko@yandex.ru](mailto:ann.medvedenko@yandex.ru)

Tsatsenko Luidmila Vladimirovna  
Dr.Sci.Biol., professor,  
RSCI SPIN-code: 2120-6510, AuthorID: 94468  
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>  
Scopus Author ID: 55952841000  
[lvt-lemnna@yandex.ru](mailto:lvt-lemnna@yandex.ru)

*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

The article considers the issues of pre-breeding studying winter varieties of soft wheat with rare coloring of grain. Rare coloring is manifested in gray, purple, and anthocyanin coloring of wheat grain. The research was carried out according to the following indicators: ear length, number of spikelets in the ear, ear density, spikelet graining, number of grains in an ear and weight of 1000 grains. Grain quality was also evaluated. A moderate correlation relationship ( $r = 0,43$ ) between the indicators as gluten and IDK, between protein content and vitreousness, gluten and vitreousness correlations are noticeable ( $r = 0,50$ ,  $r = 0,52$  respectively), but also not significant. Thus, the analysis of grain quality in the studied varieties of winter soft wheat with sparse grain coloring, allowed to note that none of them does not exceed the control sample in all indicators except the IDC. Close to the control in gluten and protein content is var. *viriduhostianum* (27,3 % and 16,8 % respectively)

Keywords: WINTER WHEAT, EAR PRODUCTIVITY, GRAIN QUALITY, GLUTEN, RARE GRAIN COLORING, COLLECTION SAMPLES

## **Введение**

Пшеница характеризуется многообразием форм с различной окраской зерна. Кроме белых и красных зерен, встречаются формы с фиолетовыми и голубыми зернами. Фиолетовый цвет зерна обусловлен антоцианами в околоплоднике, тогда как голубой цвет – антоцианами в слое алейрона [9]. В результате многих научных исследований стали известны как химическая структура основных антоцианов семян пшеницы, так и их расположение в определенной части зерна, а также гены регулирующие их накопление [7, 8, 10]. Были найдены и использованы различные доноры фиолетового, голубого цвета зерна для включения этих признаков в сорта пшеницы [2, 7]. Следующей задачей для селекционеров пшеницы является не только создание современных сортов пшеницы с окрашенным зерном, но также сорта адаптированные к местным условиям выращивания.

Интерес к созданию новых сортов пшеницы с зерном, окрашенным антоцианами, обусловлен главным образом их положительным воздействием на здоровье и самочувствие потребителя. Представленная информация об антоцианинах пшеницы может инициировать дальнейшие связанные с этим проблемы, такие как улучшение производства антоцианов в зерне пшеницы, модификация сельскохозяйственной практики пшеницы и анализ влияния окружающей среды, перенаправление синтеза или экспрессии антоциана в другую часть зерна, разработка новых методов обработки, более защищающих биологические свойства антоцианов.

Исследование коллекционных сортообразцов озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна коллекции ВИР, предоставленных отделом пшеницы проводилось с целью изучения их продуктивности колоса и по качеству зерна. В этой связи требовалось решение следующих задач:

1. Провести анализ данных по продуктивности колоса озимой мягкой пшеницы;
2. Проанализировать показатели, формирующие качество зерна озимой мягкой пшеницы;
3. Выявить перспективные коллекционные образцы по продуктивности колоса и качеству зерна озимой мягкой пшеницы.

## 2. Материалы и методы

В опыте проводилось изучение сортообразцов озимой мягкой пшеницы, различающихся по окраске зерна. Исследуемые сортообразцы: *var. thermakianum*, *var. uralicum*, *var. viriduhostianum*, *var. viridibarbarossa*, *var. thermakianum* (Hybrid (пров. Blue\*Agent), *var. vigorovii*. За контроль был взят сорт Краснодарская 99 селекции ФГБНУ «Национальный Центр Зерна им. П.П. Лукьяненко» (таблица 1, рисунок).

Таблица 1 – Образцы озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна из коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова.

№ п.п.	Сортообразец	Страна происхождения
1	Краснодарская 99 (к)	Россия
2	<i>var. thermakianum</i>	Чехословакия до 1992 г., Южно-Моравская обл.
3	<i>var. uralicum</i>	США
4	<i>var. viriduhostianum</i>	Россия
5	<i>var. viridibarbarossa</i>	Россия
6	<i>var. thermakianum</i> (Hybrid (пров. Blue*Agent)	Венгрия
7	<i>var. vigorovii</i>	Болгария

На опытном поле учебно-опытного хозяйства «Кубань» заложили лабораторно-полевой опыт в трех повторениях с систематическим расположением опытных делянок. Размер делянки 1,5×0,5 м., посев ручной, рядовой с междурядьем 15 см, при норме высева 65-75 зерен на 1 п.м. Посев семян на глубину 4-6 см. Сев проводили в рекомендованные сроки для условий центральной зоны Краснодарского края. Способ уборки

ручной.



var. thermakianum



var. uralicum



var. viriduhostianum



var. viridibarbarossa



var. thermakianum  
(Hybrid  
(пров. Blue\*Agent)



var. vigorovii

Рисунок – Образцы озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна

В опыте проводился анализ показателей по продуктивности колоса и качеству зерна (содержание клейковины, содержание протеина (белка), стекловидность зерна, ИДК).

Компьютерную программу Microsoft Excel 2007 использовали при статистической обработке данных. Результаты сравнивались с помощью НСР с доверительным интервалом в 95 %. По методике Б. А. Доспехова

проводили расчет однофакторного дисперсионного анализа [3].

### 3. Результаты исследований

Характеристика сортообразцов озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна по морфологическим признакам (остистость колоса, характер кроющих чешуй, окраски колоса, остей и зерна) представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Морфологические признаки растений озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна

Сортообразец	Остистость колоса (отсутствует/имеется)	Характер кроющих чешуй (голые/опушенные)	Окраска колоса	Окраска остей	Окраска зерна
var. thermakianum	отсутствует	голые	белая	белая	голубая
var. uralicum	имеется	опушенные	белая	белая	пурпурная
var. viriduhostianum	имеется	голые	белая	белая	голубовато-серая
var. viridibarbarossa	имеется	голые	красная	красная	серая
var. thermakianum (Hybrid (пров. Blue* Agent)	имеется	голые	белая	белая	голубовато-серая
var. vigorovii	отсутствует	голые	белая	белая	пурпурно-фиолетовая

Таблица 3 – Средние значения по продуктивности колоса у сортообразцов озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна, 2018-2020 гг.

Сортообразец	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.	Плотность колоса	Озерненность колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г	Число зерен в колоске, шт.	Масса 1000 зерен, г
Краснодарская 99 (к)	7,9	18,2	2,21	40,3	1,48	2,23	36,66
var. thermakianum	12,6	25,4	1,95	50,8	1,70	2,00	39,58
var. uralicum	9,5	17,9	1,78	53,0	1,83	2,94	34,61
var. viriduhostianum	9,4	22,6	2,29	41,8	1,49	1,84	33,75
var. viridibarbarossa	13,0	23,6	1,75	47,9	1,81	2,03	36,43
var. thermakianum (Hybrid (пров. Blue*Agent)	11,8	23,3	1,92	54,5	2,07	2,33	35,98
var. vigorovii	11,4	21,8	1,83	67,4	2,65	3,12	39,94
НСР <sub>05</sub>	0,78	1,35		6,36	0,24		1,1

При изучении коллекционных сортообразцов пшеницы по продуктивности главного колоса анализируются проблемы репродуктивного потенциала, а также влияние абиотических факторов на онтогенез озимой пшеницы [5]. Учитывая все показатели продуктивности колоса сортообразец var. vigorovii выделяется среди остальных сортообразцов пшеницы с окрашенным зерном по данным озерненности колоса (67,4 шт.), массы зерна с колоса (2,65 г), числу зерен в колоске (3,12 шт.) и массы 1000 зерен (39,94 г), он единственный достоверно превышает контроль по всем показателям продуктивности колоса по всем годам. По показателям длины колоса, озерненности колоса, массы зерна с колоса, числу зерен в колоске и массе 1000 зерен наименьшие значения показал var. viriduhostianum. Также, по результатам трех лет исследований, можно выделить сортообразцы: var. uralicum все данные превосходят

контроль, за исключением числа колосков в колосе, плотность колоса и массы 1000 зерен, var. thermakianum (Hybrid (пров. Blue\*Agent) – данный сортообразец значительно превышает контроль, кроме как по плотности колоса и массе 1000 зерен, а так же число зерен в колоске одинаково с контрольным образцом.

Таблица 4 – Качество зерна озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна, 2018-2020 гг.

Сортообразец	Клейковина, %			Протеин (белок), %			Стекловидность, %			ИДК, у. ед.		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Краснодарская 99 (к)	25,1	37,1	27,2	15,3	19,6	16,2	52,8	50,9	54,6	75,4	62,2	74,5
var. thermakianum	18,1	28,9	20,1	13,4	16,4	14,2	46,8	53,2	50,5	104,4	67,2	90,2
var. uralicum	16,6	13,5	21,5	12,2	13,5	14,0	40,5	45,0	43,4	65,9	54,8	63,9
var. viriduhostianum	24,7	35,5	21,7	16,1	20,3	14,0	34,9	50,0	45,5	115,3	73,0	96,9
var. viridibarbarossa	20,9	35,2	25,8	13,3	18,1	15,4	39,8	51,0	53,2	104,5	65,4	89,4
var. thermakianum (Hybrid (пров. Blue*Agent)	18,9	31,3	25,8	12,7	17,1	15,5	38,0	47,1	49,2	151,5	88,1	94,9
var. vigorovii	18,9	25,9	20,6	12,7	14,4	13,3	38,9	46,0	47,2	60,0	61,5	80,2

Клейковина – это нерастворимая в воде часть белков пшеничной муки, которая образуется при замесе в результате поглощения воды и набухания. Содержание и качество клейковины является важнейшим фактором качественных признаков зерна озимой пшеницы. Многочисленные исследования посвященные изучению клейковины доказывают влияние многих факторов (температурный режим, условия

влагообеспечения, питания, агротехнические условия) на изменения ее количества и качество [1, 4, 6]. В 2019 году показатели качества пшеницы превышали результаты других лет исследований, за счет лучших условий влагообеспеченности.

По всем трем годам исследований контрольный образец Краснодарская 99 превзошел другие образцы по показателю качества зерна «клейковина», средний результат составил 29,8 %. Среди сортообразцов пшеницы с редкой окраской зерна в 2018 и 2019 годах выделился var. *viriduhostianum* – 24,7 и 35,5 % соответственно, что ниже контроля на 0,4 и 1,6 % соответственно, а в 2020 году был получен одинаковый результат у двух сортообразцов – var. *viridibarbarossa* и var. *thermakianum* (Hybrid (пров. Blue\*Agent) – 25,8 %.

В нашем опыте 2018 и 2019 годах среди изучаемых сортообразцов озимой пшеницы более высокий протеин был у var. *viriduhostianum* и составил 16,1 и 20,3 % соответственно, что выше контрольного образца на 0,8 и 0,7 % соответственно. Данные сортообразцов var. *thermakianum*, var. *uralicum*, var. *thermakianum* (Hybrid (пров. Blue\*Agent), var. *viridibarbarossa* и var. *vigorovii* ниже контроля. В 2020 году наибольший протеин показал контроль – 16,2 %, среди образцов пшеницы с редкой окраской зерна высокий протеин был практически одинаков у var. *viridibarbarossa* – 15,4 % и var. *thermakianum* (Hybrid (пров. Blue\*Agent) – 15,5 %. Наименьшее содержание протеина было у сортообразца var. *vigorovii* – 13,3 %.

По результатам показателя качества зерна «стекловидность» 2018 года выделяется образец контроля Краснодарская 99 – 52,8 %. Наибольшее значение стекловидности зерна пшеницы с редкой окраской зерна у var. *thermakianum* – 46,8 % – это ниже контроля на 6,0 %, а наименьшее – var. *viriduhostianum* (34,9 %). В 2019 году наибольшую стекловидность показал сортообразец var. *thermakianum* – 53,2 %, превзойдя контрольный сортообразец на 2,3 %, а разница с сортообразцом var. *uralicum*, с

наименьшей стекловидностью зерна, составляет 8,2 %. В нашем опыте 2020 года среди изучаемых сортообразцов озимой пшеницы более высокой стекловидностью обладал образец контроля – 54,6 %, он превысил var. uralicum, у которого самый низкий показатель стекловидности, на 11,2 %.

По показателю ИДК в 2018 году выделяется сортообразец var. vigorovii (60,0 у. ед.), его результат был ниже контрольного на 15,4 у. ед. Данные сортообразца var. thermakianum (Hybrid (пров. Blue\*Agent) были выше других и составили 151,5 у. ед. Также стоит отметить var. uralicum, показатель ИДК был на уровне 65,9 у. ед., разница с контролем составила 9,5 у. ед. Наименьшее значение по ИДК 2019 года было у сортообразца var. uralicum – 54,8 %, что ниже контрольного образца Краснодарская 99 на 7,4 у. ед. Наибольший результат у var. thermakianum (Hybrid (пров. Blue\*Agent) – 88,1 у. ед. В проведенных исследованиях 2020 года по показателю «ИДК» выделяется сортообразец var. uralicum, его результат составляет 63,9 %. ИДК сортообразца var. viriduhostianum составляет 96,9 у. ед, что превышает образец контроля на 22,4 у. ед.

Таблица 5 – Средние значения по качеству зерна озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна, 2018-2020 гг.

Сортообразец	Клейковина, %	Протеин (белок), %	Стекловидность, %	ИДК, у. ед.
Краснодарская 99 (к)	29,8	17,0	52,8	70,7
var. thermakianum	22,4	14,7	50,2	87,3
var. uralicum	17,2	13,2	43,0	61,5
var. viriduhostianum	27,3	16,8	43,5	95,1
var. viridibarbarossa	27,3	15,6	48	86,4
var. thermakianum (Hybrid (пров. Blue*Agent)	25,3	15,1	44,8	111,5
var. vigorovii	21,8	13,5	44,0	67,2

Анализируя данные трех лет по сумме показателей, средние значения контрольного образца Краснодарская 99 превышают другие варианты опыта, за исключением показателя ИДК, он уступает только двум сортообразцам пшеницы с редкой окраской зерна: var. uralicum (61,5 у. ед.) и var. vigorovii (67,2 у.ед), разница составила 9,2 и 3,5 у.ед. соответственно. По показателю «клейковина» выделились образцы с одинаковым средним результатом 27,3 % – var. viriduhostianum и var. viridibarbarossa, уступая контролю на 2,5 %. Содержание протеина у сортообразца var. viriduhostianum (16,8 %) было выше других сортообразцов, кроме контрольного. Сортообразец var. thermakianum превышал по стекловидности зерна образцы пшеницы с редкой окраской зерна, его результат составил 50,2 %, что ниже образца контроля на 2,6 %.

Между такими показателями как клейковина и ИДК наблюдалась умеренная корреляционная связь ( $r = 0,43$ ), но несущественная. А между белок и стекловидность, клейковина и стекловидность корреляционные связи заметные ( $r = 0,50$ ,  $r = 0,52$  соответственно), но также несущественны.

На основании анализа качества зерна у исследуемых сортообразцов озимой мягкой пшеницы с редкой окраской зерна, выявлено что не один из них не превышает контрольный образец по всем показателям кроме ИДК. Близким к контролю по содержанию клейковины и белка является var. viriduhostianum (27,3 % и 16,8 % соответственно).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веникова О. И. Факторы, влияющие на выход и качество клейковины / О. И. Веникова // "Чистая наука" на службе научно-технического прогресса: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2018. – С. 14-18.
2. Гордеева Е. И. Маркер-контролируемое получение форм пшеницы с повышенным уровнем антоцианов в зерне как перспективное направление для производства новых функциональных пищевых продуктов / Е. И. Гордеева, Р. С. Юдина, Н. И. Усенко, О. И. Стабровская // Генофонд и селекция растений: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Новосибирск:

ИЦиГ СО РАН, 2018. – С. 92-97.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.

4. Келер В. В. Варьирование содержания количества клейковины в зерне мягкой яровой пшеницы под влиянием метеорологических условий Красноярского края / В. В. Келер // Вестник КРАСГАУ. – 2020. – № 5 (155). – С. 58-62.

5. Кошкин С. С. Изучение продуктивности главного колоса стародавних сортов озимой мягкой пшеницы / С. С. Кошкин, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №04(098). – С. 933 – 942. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/69.pdf>

6. Наполова Г.В. Изменения в содержании клейковины при различных способах обработки почвы и посева / Г.В. Наполова, В.В. Наполов // Russian agricultural science review. – 2015. – Т. 6. – № 6-1. – С. 41-44.

7. Хлесткина Е. К. Гены биосинтеза флавоноидов пшеницы / Е. К. Хлесткина, О. Ю. Шоева, Е. И. Гордеева / Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 4/1. – С. 784-796.

8. Хлесткина Е. К. Гены, детерминирующие окраску различных органов пшеницы / Е. К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 202-216.

9. Garg M. Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization / M. Garg, M. Chawla, V. Chunduri et al. // Journal of Cereal Science. – 2016. – Vol. 71. – P. 138-144. 15.

10. Zeven A. C. Wheats with purple and blue grains: a review / A. C. Zeven // Euphytica. – 1991. – Vol. 56. – P. 243-258.

## REFERENCES

1. Venikova O. I. Faktory. vliyayushchiye na vykhod i kachestvo kleykoviny / O. I. Venikova // "Chistaya nauka" na sluzhbe nauchno-tekhnicheskogo progressa: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Ufa. 2018. – S. 14-18.

2. Gordeyeva E. I. Marker-kontroliruyemoye polucheniye form pshenitsy s povyshennym urovnem antotsianov v zerne kak perspektivnoye napravleniye dlya proizvodstva novykh funktsionalnykh pishchevykh produktov / E. I. Gordeyeva. R. S. Yudina. N. I. Usenko. O. I. Stabrovskaya // Genofond i selektsiya rasteniy: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Novosibirsk: ITsiG SO RAN. 2018. – S. 92-97.

3. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta / B. A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat. – 1985. – 351 s.

4. Keler V. V. Varirovaniye sodержaniya kolichestva kleykoviny v zerne myagkoy yarovoy pshenitsy pod vliyaniyem meteorologicheskikh usloviy Krasnoyarskogo kraya / V. V. Keler // Vestnik KRASGAU. – 2020. – № 5 (155). – S. 58-62.

5. Koshkin S. S. Izucheniye produktivnosti glavnogo kolosa starodavnykh sortov ozimoy myagkoy pshenitsy / S. S. Koshkin. L. V. Tsatsenko // Politematicheskiiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar: KubGAU. 2014. – №04(098). – S. 933 – 942. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/69.pdf>

6. Napolova G.V. Izmeneniya v sodержanii kleykoviny pri razlichnykh sposobakh obrabotki pochvy i poseva / G.V. Napolova. V.V. Napolov // Russian agricultural science review. – 2015. – Т. 6. – № 6-1. – S. 41-44.

7. Khlestkina E. K. Geny biosinteza flavonoidov pshenitsy / E. K. Khlestkina. O. Yu. Shoyeva. E. I. Gordeyeva / Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – 2014. – T. 18. – № 4/1. – S. 784-796.

8. Khlestkina E. K. Geny. determiniruyushchiye okrasku razlichnykh organov pshenitsy / E. K. Khlestkina // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – 2012. – T. 16. – № 1. – S. 202-216.

9. Garg M. Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization / M. Garg, M. Chawla, V. Chunduri et al. // Journal of Cereal Science. – 2016. – Vol. 71. – P. 138-144. 15.

10. Zeven A. C. Wheats with purple and blue grains: a review / A. C. Zeven // Euphytica. – 1991. – Vol. 56. – P. 243-258.