Научная статья
УДК 633.11:631.531.011
doi: 10.55186/25876740_2022_65_3_278

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

И.Ф. Демина

Федеральный научный центр лубяных культур — Обособленное подразделение
«Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Лунино, Пензенская область, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты анализа генотипических корреляций между признаками качества зерна у сортов и линий яровой мягкой пшеницы в различных агроэкологических условиях (годы, предшественники). Цель исследований заключалась в выделении из комплекса показателей качества зерна образцов наиболее важных для повышения эффективности селекции. За годы исследований (2019-2021 гг.) по всем предшественникам установлена положительная высокая связь между содержанием белка и клейковины в зерне по всем трем предшественникам: r=0,885 — среднеранняя, 0,913 — среднеспелая и 0,858 — среднепоздняя. Отрицательная средняя связь урожайности была выявлена с содержанием белка в зерне (r=-0,598; -0,568; -0,610), с содержанием клейковины в зерне (r=-0,492; -0,405; -0,368), с «SDS-седиментацией» (r=-0,429; -0,509; -0,562). Наибольшее содержание белка в зерне (не менее 16,5 %) сформировали сортообразцы Новосибирская 15, Эритроспермум 39/08-20, Эритроспермум 34/08-21, Эритроспермум 33/08-14, Вальс, Архат. По содержанию клейковины в зерне (>35 %) выделились генотипы Сенсей (36,9 %), Лютесценс 31/09-21 (37,2 %), Ирвита (38,0 %), Эритроспермум 39/08-20 (38,4 %), Архат (36,8 %), Эритроспермум 34/08-21 (37,3 %). Средняя положительная взаимосвязь наблюдалась между «SDS-седиментацией» — содержанием клейковины и белка в зерне во всех группах: r=0,557 и 0,525 — среднеранняя, r=0,578 и 0,543 — среднеспелая и r=0,458 и 0,512 — среднепоздняя. Выделены генотипы с наибольшими значениями данного признака (>55 мл) — Архат, Ирвита, Пирамида, Эритроспермум 70/04-3, Эритроспермум 39/08-20, Эритроспермум 76/03-6. Поэтому для глубокого изучения качества пшеницы наряду с седиментационным испытанием следует определять содержание белка и клейковины в зерне, качество клейковины. Сортообразцы, выделившиеся по комплексу изучаемых признаков: Архат, Ирвита, Эритроспермум 39/08-20, Эритроспермум 70/04-3, Эритроспермум 34/08-21, следует использовать в селекционном процессе, направленном на повышение качества зерна яровой мягкой пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница, содержание белка и клейковины в зерне, «SDS-седиментация», урожайность, корреляционная связь, сортообразцы

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).

Original article

CORRELATION DEPENDENCE OF YIELDING CAPACITY AND GRAIN QUALITY INDICATORS OF SPRING WHEAT SAMPLES ON AGRICULTURAL CONDITIONS

I.F. Demina

Federal Research Center for Bast Fiber Crops — Separate division
"Penza Research Institute of Agriculture", Lunino, Penza region, Russia

Abstract. The article presents the results of the analysis of genotypic correlations between grain quality traits in varieties and strains of spring soft wheat in various agroecological conditions (years, forecrops). The purpose of the research was to identify the most important samples from the complex of grain quality indicators to increase the selection efficiency. During the years of research (2019-2021) for all forecrops, a positive significant relationship was established between the content of protein and gluten in grain for all three forecrops: r=0.885 — middle-early, 0.913 — mid-season, 0.858 — middle-late. A moderate inverse relationship of yield capacity was found with the protein content in the grain (r=-0.598; -0.568; -0.610), with the gluten content in the grain (r=-0.492; -0.405; -0.368), with "SDS-sedimentation" (r=-0.429; -0.509; -0.562). The highest protein content in the grain (not less than 16.5 %) was formed in the samples Novosibirskaya 15, Erythrospermum 39/08-20, Erythrospermum 34/08-21, Erythrospermum 33/08-14, Vals, Arhat. As for the content of gluten in the grain, the following genotypes (>35 %) were distinguished: Sensei (36.9 %), Lutescens 31/09-21 (37.2 %), Irvita (38.0 %), Erythrospermum 39/08-20 (38.4 %), Arhat (36.8 %), Erythrospermum 34/08-21 (37.3 %). An average positive interrelation was observed between "SDS-sedimentation" — the content of gluten and protein in the grain in all groups: r = 0.557 and 0.525 — middle-early, r=0.578 and 0.543 — mid-season and r=0.458 and 0.512 — middle-late. The genotypes with the highest values of this trait (>55 ml) were identified — Arhat, Irvita, Pyramid, Erythrospermum 70/04-3, Erythrospermum 39/08-20, Erythrospermum 76/03-6. Therefore, for a deep study of the quality of wheat, along with a sedimentation test, it is necessary to determine the content of protein and gluten in the grain, the quality of gluten. Variety samples identified by the complex of studied traits: Arhat, Irvita, Erythrospermum 39/08-20, Erythrospermum 70/04-3, Erythrospermum 34/08-21, should be used in the selection process aimed at improving the quality of spring soft wheat.

Keywords: spring wheat, protein and gluten content in grain, "SDS-sedimentation", yield capacity, correlation, variety samples

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2022-0008).

© Демина И.Ф., 2022

Введение. В России пшеница является одной из основных пищевых культур. Ее производство является гарантом стабильности и эффективности экономики [1]. Поэтому производство высококачественного зерна было и остается одной из главных задач сельского хозяйства. Важное место для выполнения данной задачи отводится селекции, успех которой зависит от знаний генотипически обусловленных взаимосвязей признаков качества, подбора родительских форм для гибридизации, своевременной и объективной оценки и браковки селекционного материала [2-5]. Выбор предшественника также оказывает значительное влияние на качественные показатели зерна пшеницы [6-8].

Анализ корреляционных взаимосвязей между признаками довольно часто используется в селекции. Генотипическая корреляция определяется плейотропным действием генов, то есть она показывает влияние одних и тех же генов на два признака. Одни из них могут одновременно увеличивать или уменьшать значения обоих признаков, показывая положительную корреляцию, тогда как другие изменяют их в противоположном направлении, вызывая отрицательную корреляцию [9].

В селекционной практике пшеницы на качество зерна первостепенное влияние имеют генотипические взаимосвязи между отдельными его показателями. Это объясняется некоторыми трудностями в определении признаков из-за нехватки изучаемого материала, их продолжительных и сложных анализов. На первоначальных этапах селекционного процесса корреляция особенно актуальна, так как наблюдается большой набор генотипов и недостаток посевного материала. Также важное значение для селекции имеют некоторые особенности проявления показателей качества зерна пшеницы, такие как размер и изменчивость их взаимосвязи по разным предшественникам и в годы с различными погодными условиями. Поэтому перед селекционерами стоит задача выявить признаки, которые будут устойчиво повторять друг друга или с большим расхождением в значениях изучаемых показателей. Если абсолютное значение коэффициента корреляции достаточно высокое или ближе к прямолинейной зависимости, то использование коэффициента корреляции в селекционном процессе эффективно [10].

При селекции на комплекс показателей качества необходимо принимать решения по сортообразцам, сочетающим несколько показателей. Чтобы избежать случайностей при отборах, селекционерам следует уделять внимание наиболее важным показателям качества, которые стабильно проявляются в разные годы и тесно связаны с другими показателями [11].

Цель исследований — выделить из комплекса показателей качества зерна яровой пшеницы наиболее важные для повышения эффективности селекции; выявить лучшие сортообразцы для последующего вовлечения их в селекционный процесс, направленный на повышение качества зерна.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в 2019-2021 гг. в условиях лесостепи Среднего Поволжья на опытных полях ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ». Объектами исследований служили 18 сортов и 28 селекционных линий яровой мягкой пшеницы различных групп спелости. Стандартом для среднеранней группы служил сорт Новосибирская 15, для среднеспелой — Экада 66, для среднепоздней — Архат. Опыт основывался на размещении образцов по трем предшественникам: чистый пар, бобы и зерновые (пшеница) на делянках площадью 10 м^2 с чередованием стандартов через каждые 9 образцов.

Почва опытного участка представлена выщелоченным черноземом тяжелосуглинистого механического состава с содержанием гумуса около 6,3-7,2 %. Посев проводили сеялкой СН-10Ц в оптимальные для яровой пшеницы сроки (первая декада мая), семена сеяли в биологически спелую почву с нормой высева 5,5 млн всхожих семян на 1 га.

Показатели качества зерна оценивали по массе 1000 зерен — ГОСТ 10842-89; натуре зерна — ГОСТ 10840-2017 [12]; стекловидности — ГОСТ 10987-76 [13]; содержание и качество клейковины определяли в соответствии с Национальным стандартом РФ «Методы определения количества и качества клейковины пшеницы» — ГОСТ 54478-2011[14]; содержание сырого протеина в зерне определяли в химико-аналитической лаборатории ФГБНУ ФНЦ ЛК — ОП «Пензенский НИИСХ» по методу Кьельдаля [15]; величину седиментационного осадка — по методике в изложении М.М. Копусь [16]. Математическую и статистическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова [17].

Погодные условия вегетационного периода по годам исследований различались по температурному режиму и количеству осадков. За вегетационный период 2019 г. выпало 128,8 мм осадков, что ниже среднемноголетней нормы на 57,4 мм. Распределение их по периодам вегетации было неравномерным. Май характеризовался недобором осадков и средними температурами (на уровне среднемноголетних). В июне отмечен рост среднесуточных температур и дефицит осадков (ГТК 0,20). В июле и августе, в сравнении с 2020 и 2021 гг., отличия были обусловлены снижением среднесуточных температур от 18,4 до 15,5°С. В результате увеличился межфазный период «колошение-восковая спелость». Количество осадков было на уровне среднемноголетней нормы и составило 35,1 и 33,5 мм. Выпавшие в июле осадки, пришедшиеся на период «начало колошения», пополнили запасы влаги в почве, обеспечив этим растениям дальнейший благоприятный рост и развитие.

За вегетационный период 2020 г. выпало 185,7 мм осадков при среднемноголетних данных 191,6 мм. В мае наблюдался недобор эффективных температур. Средняя температура воздуха составила 10,2°С, что ниже среднемноголетней на 5,0°С. Такие условия привели к увеличению длительности периода «всходы-кущение». В июле среднесуточные температуры были самыми высокими за весь вегетационный период (23,1°С) при небольшом количестве атмосферных осадков (ГТК 0,68). Количество осадков в июле в среднем превысило среднемноголетнюю норму (90,2 мм) на 8,0 мм, но их распределение носило неравномерный характер. Средняя температура воздуха была 20,8°С при среднемноголетних данных 21,5°С. Таким образом, можно отметить, что по количеству осадков на фоне высоких температур условия года были благоприятными для формирования высококачественного зерна при пониженной урожайности.

В 2021 г. за вегетационный период выпало 144,5 мм осадков. Малое количество атмосферных осадков, выпавших в мае, определило ужесточение водного режима к началу июня. В этом месяце среднесуточная температура составила 19,6°С при низкой доле атмосферных осадков — 25,8 мм (ГТК 0,52). В результате сократился межфазный период «всходы-колошение», что привело к снижению урожайности, но повысило такие показатели качества, как стекловидность, содержание белка и клейковины в зерне. Считается, что количество белка в зерне возрастает с повышением температуры и понижением количества осадков. В июле среднесуточные температуры были самыми высокими за весь вегетационный период (22,8°С) на фоне высокого количества осадков (113,7 мм), что почти в 2 раза превысило среднемноголетние показатели.

Таким образом, погодные условия, сложившиеся в годы проведения исследований, можно считать благоприятными для роста и развития яровой мягкой пшеницы и накопления белковых веществ в зерне.

Результаты исследований. Важным этапом в селекционной работе является изучение генотипических взаимосвязей признаков, определяемых путем анализа линейной корреляции у комплекса сортообразцов.

В ходе исследования были получены результаты анализа корреляционных связей яровой мягкой пшеницы по группам спелости между такими признаками как урожайность, масса 1000 зерен, натура зерна, стекловидность, содержание белка и клейковины в зерне, качество клейковины, «SDS-седиментации».

Анализ корреляционных связей позволяет сделать выводы о сопряженности в одном генотипе нескольких селекционно-ценных признаков. Известно, что коэффициенты корреляции колеблются в диапазоне от -1,00 до 1,00. Положительная величина говорит о совместном возрастании параметров, а отрицательная — о противоположной связи [18].

Анализ коэффициентов корреляции между признаками качества у сортообразцов в среднем за 3 года по предшественникам показал, что величина коэффициента корреляции меняется в зависимости от группы спелости и погодных условий. Положительная значимая связь у сортообразцов наблюдалась по всем группам спелости между содержанием клейковины и белка (r=0,885 — среднеранние, r=0,915 — среднеспелые и r=0,858 — среднепоздние).

При селекционной оценке на содержание белка нужно принимать во внимание условия, которые формируют урожайность. В проведенных нами исследованиях это подтверждает отрицательная средняя корреляция данных признаков, то есть в среднеранней группе r=-0,598; в среднеспелой — r=-0,568 и в среднепоздней — r=-0,610. Между содержанием клейковины в зерне и урожайностью r=-0,492; -0,405 и -0,368 соответственно по группам; между «SDS-седиментацией» и урожайностью r=-0,429; -0,509 и -0,562. Такая связь объясняется тем, что высокое содержание белка в зерне сопровождается снижением урожайности, отбор высокопродуктивных генотипов, наоборот — снижением содержания белка в зерне.

Многолетние опыты, проведенные различными исследователями, показали, что из всех элементов минерального питания прямое влияние на накопление белка в зерне злаковых культур оказывает только азот [19].

В ходе исследований выявлено, что содержание белка в зерне в среднем за годы исследований находилось в следующих пределах: в среднеранней группе — от 15,1 % (Эритроспермум 19/08-15) до 17,0 % (Новосибирская 15); в среднеспелой — от 14,8 % (Лютесценс 28/09-23) до 17,1 % (Эритроспермум 39/08-20); в среднепоздней — от 15,3 % (Машенька) до 16,8 % (Архат). Наибольшее содержание белка в зерне (не менее 16,5 %) сформировали образцы Новосибирская 15, Эритроспермум 39/08-20, Эритроспермум 34/08-21, Эритроспермум 33/08-14, Вальс, Архат.

Таблица. **Корреляция признаков качества образцов яровой мягкой пшеницы в среднем по трем предшественникам за 2019-2021 гг.**
Table. **Correlation of quality characteristics of spring soft wheat samples on average for three predecessors for 2019-2021**

Признак	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Содержание белка в зерне, %	ИДК-1	Содержание сырой клейковины в зерне, %	«SDS-седиментация», мл
Среднеранние							
Масса 1000 зерен, г	0,756						
Стекловидность, %	0,044	-0,061					
Содержание белка в зерне, %	-0,598	0,521	-0,253				
ИДК-1	-0,172	-0,222	-0,328	0,522			
Содержание сырой клейковины в зерне, %	-0,492	-0,544	-0,375	0,923	0,729		
«SDS-седиментация», мл	-0,429	-0,377	-0,348	0,525	-0,037	0,557	
Натура, г/л	0,427	0,395	0,409	-0,653	-0,445	-0,719	-0,607
Среднеспелые							
Масса 1000 зерен, г	0,442						
Стекловидность, %	0,591	-0,142					
Содержание белка в зерне, %	-0,568	0,038	0,388				
ИДК-1	-0,372	-0,218	-0,099	-0,017			
Содержание сырой клейковины в зерне, %	-0,405	-0,098	0,572	0,874	0,248		
«SDS-седиментация», мл	-0,509	0,237	-0,232	0,543	-0,615	0,578	
Натура, г/л	0,295	-0,063	0,595	-0,328	-0,322	-0,075	0,118
Среднепоздние							
Масса 1000 зерен, г	0,571						
Стекловидность, %	0,141	0,092					
Содержание белка в зерне, %	-0,610	-0,436	0,271				
ИДК-1	0,628	0,145	0,258	0,069			
Содержание сырой клейковины в зерне, %	-0,368	-0,573	-0,072	0,803	0,532		
«SDS-седиментация», мл	-0,562	-0,468	-0,132	0,450	-0,615	0,498	
Натура, г/л	0,115	0,038	0,642	-0,228	-0,134	-0,338	-0,077

Варьирование показателя содержания клейковины в зерне за годы исследований было в диапазоне: в среднеранней группе — от 31,1% (Лютесценс38/08-9) до 39,9% (Новосибирская 15); в среднеспелой — от 30,4% (Лютесценс 28/09-23) до 41,1% (Вальс); в среднепоздней — от 28,8% (Эритроспермум 15/06-10) до 37,5% (Экада 113). По данному признаку выделились генотипы (>35%) Сенсей (36,9%), Лютесценс 31/09-21 (37,2%), Ирвита (38,0%), Эритроспермум 39/08-20 (38,4%), Архат (36,8%), Эритроспермум 34/08-21 (37,3%).

Важную роль в системе оценки как селекционного материала, так и возделываемых сортов, играет показатель «SDS-седиментации». Комплексно отражая количество и качество белка, он характеризует его гидратационные свойства, определяющие мукомольные и хлебопекарные показатели селекционной линии или сорта.

По некоторым данным между числом седиментации существует позитивная связь с основными показателями качества генотипов яровой пшеницы. Это подтверждено и данными проведенных нами исследований (табл.). Средняя позитивная взаимосвязь наблюдалась между «SDS-седиментацией» и содержанием клейковины, а также белка в зерне во всех группах: r=0,557 и 0,525 — среднеранняя; r=0,578 и 0,543 — среднеспелая и r=0,458 и 0,512 — среднепоздняя.

За годы исследований варьирование величины «SDS-седиментации» у сортов яровой пшеницы находилось в пределах от 35,0 мл (Эритроспермум 19/08-15) до 60,0 мл (Архат). По группам спелости показатель «SDS-седиментации» распределился следующим образом: в среднеранней группе –от 35 мл (Лютесценс 38/08-9) до 53 мл (Новосибирская 15); в среднеспелой — от 42 мл (Эритроспермум 34/08-21) до 60 мл (Пирамида, Ирвита); в среднепоздней — от 40 мл (Лютесценс 15/06-10) до 60 мл (Архат). Выделены генотипы с наибольшими значениями данного признака (>55 мл): Архат, Ирвита, Пирамида, Эритроспермум 70/04-3, Эритроспермум 39/08-20, Эритроспермум 76/03-6.

Корреляционный анализ признаков качества по пару в среднем за 3 года показал, что у образцов с высокой натурной массой зерна во всех группах спелости — стекловидные (r=0,528; 0,498 и 0,575), однако они имели низкое содержание белка, особенно в среднеранней группе (r=-0,578) и низкое содержание сырой клейковины (r=-0,631). С увеличением массы 1000 зерен снижается показатель «SDS-седиментации», падает содержание белка и клейковины, но возрастает урожайность, особенно в среднеспелой группе (r=0,832). С увеличением содержания белка в зерне растет и содержание сырой клейковины в нем. Значимая связь отмечена в среднеранней и среднеспелой группах (r=0,929 и 0,887) и немного ниже — в среднепоздней (r=0,725).

Устойчивая отрицательная связь по бобовому предшественнику наблюдалась между натурой зерна и содержанием сырой клейковины, особенно в среднеранней группе (r=-0,698). Положительная средняя связь натуры зерна отмечена со стекловидностью, особенно в среднеспелой (r=0,605) и среднепоздней (r=0,632) группах, отрицательная связь отмечена с белком: от r=-0,172 (среднепоздняя) до r=-0,694 (среднеранняя), высокая — с содержанием сырой клейковины в зерне: в среднеранней (r=-0,723) и низкой в среднепоздней (r=-0,386). В среднеранней группе натура зерна положительно влияла на урожайность (r=0,578), по остальным группам связь была несущественна. Взаимосвязи массы 1000 зерен с показателями качества по группам были разнообразны: существенно отрицательная с содержанием белка и клейковины в зерне, качеством клейковины (в среднеранней группе), а по остальным — слабая. Более значимая корреляция проявилась в среднеранней (r=0,685) и среднепоздней (r=0,615) группах. Как и в предыдущем опыте, содержание белка и клейковины в зерне негативно связаны с урожайностью, особенно плотно — в среднеранней (r=-0,645 и -0,542). Очень тесная корреляционная связь отмечена между содержанием белка и клейковины по всем группам спелости (r>0,900).

При анализе корреляционных связей на стерневом фоне натуры зерна с признаками качества наблюдалось сходство с паровым предшественником, то есть стекловидность оказалась выше у сортообразцов, которые имеют высокую натуру зерна в среднеспелой и среднепоздней группах (r=0,528 и 0,487), с низким содержанием белка и клейковины в зерне, особенно в среднепоздней группе (r=-0,596 и -0,489). Корреляционная связь массы 1000 зерен с рассматриваемыми показателями стабильная. В среднеранней и среднеспелой группах положительная связь отмечена только с урожайностью (r=0,648 и 0,597), отрицательная– с содержанием белка и клейковины в зерне (r=-0,498 и -0,502). Содержание белка по группам спелости положительно связано с содержанием клейковины в зерне (r>850). Данные признаки положительно коррелируют с седиментацией, наибольшие показатели в среднеранней и среднеспелой (r= 0,621-0,585 и 0,558-0,312) группах.

Заключение. В результате изучения сортообразцов яровой мягкой пшеницы на различных агрофонах была выявлена высокая положительная связь между содержанием белка и клейковины в зерне. Наибольшее содержание белка в зерне имели сортообразцы Новосибирская 15, Эритроспермум 34/08-21, Эритроспермум 70/04-3, Эритроспермум 39/08-20, Вальс, Архат. По содержанию клейковины в зерне выделены генотипы Сенсей (36,9%), Лютесценс 31/09-21 (37,2%), Ирвита (38,0%), Эритроспермум 39/08-20 (38,4%), Архат (36,8%), Эритроспермум 34/08-21 (37,3%).

Установлена положительная корреляция «SDS-седиментации» с содержанием белка и клейковины в зерне. Выделены генотипы с наибольшими значениями «SDS-седиментации», такие как Архат, Ирвита, Пирамида, Эритроспермум 70/04-3, Эритроспермум 39/08-20, Эритроспермум 34/08-21.

Для глубокого изучения качества зерна пшеницы, наряду с седиментационным испытанием, следует определять содержание белка и клейковины в зерне, а также качество клейковины.

Сравнивая данные содержания белка и сырой клейковины в зерне изучаемых сортообразцов разных групп спелости, можно сделать вывод, что их динамика синхронна с погодными условиями в период вегетации и с предшественниками. Это говорит о том, что сортообразцы разных групп спелости характеризуются приблизительно одинаковой ответной реакцией

на складывающийся агроэкологический режим произрастания.

Сортообразцы, выделившиеся по комплексу изучаемых признаков: Архат, Ирвита, Эритроспермум 39/08-20, Эритроспермум 70/04-3, Эритроспермум 34/08-21, перспективно использовать в селекционном процессе, направленном на повышение качества зерна яровой мягкой пшеницы.

Список источников

1. Гончаренко А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3 (43). С. 31-37. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26642951

2. Иванисов М.М., Марченко Д.М, Некрасов Е.В., Рыбась И.А. и др. Сравнительная оценка сортов озимой мягкой пшеницы в межстанционном испытании по показателям качества // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 14-18. doi: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-14-18

3. Некрасова Е.В., Марченко Д.М., Иванисов М.М., Рыбась И.А. и др. Оценка урожайности и качества зерна сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4 (20). С. 79-85. doi: 10.33952/2542-0720-2019-4-20-79-85

4. Protic, R., Todorovic, G., Protic, N., Djordjevic, R., Vicentijievic, D., Delic, D. Kopanja, M., Prodanovic, R. (2013). Effect of genotype x environment interaction on grain yield of winter wheat varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 19, no. 4, pp. 697-700.

5. Ivanova, I., Ilina, S. (2020). Variability of incrphological features of spring soft wheat Moskovskya 35. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 433. 01.2016. doi: https://doi.org/10.1088/1755-1315/433/1/012016

6. Абугалиева А.И., Савин Т.В. Биохимический состав и технологическая оценка зерна интрогрессивных форм озимой мягкой пшеницы с участием различных видов Triticum и Aegilops // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22 (3). С. 353-362. doi: https://doi.org/10.18699/VJ18.37

7. Некрасова О.А., Кравченко Н.С., Игнатьева Н.Г., Скрипка О.В., Громова С.Н. Содержание белка и клейковины в зерне сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от предшественника // Зерновое хозяйство России. 2021. № 4 (74). С. 17-21. doi: https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-17-21

8. Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Бекетова Г.А., Старичкова Н.И. Влияние предшественника на показатели качества зерна яровой мягкой пшеницы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19. Вып. 1 С. 64-69. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37136570

9. Жученко А.А. Возможности создания сортов и гибридов растений с учетом изменения климата // Стратегия адаптивной селекции полевых культур в связи с глобальным изменением климата. Саратов: ООО «Сателлит», 2004. 224 с.

10. Коробейников Н.И. Корреляционный анализ признаков продуктивности яровой мягкой пшеницы и его использование в практической селекции // Повышение эффективности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: доклады и сообщения VIII генетико-селекционной школы. Новосибирск, 2001. С. 62-72.

11. Головоченко А.П. Особенности адаптационной селекции яровой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Среднего Поволжья. Кинель, 2001. 380 с.

12. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. М.: Стандартинформ, 2009. 4 с.

13. ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности. М.: Стандартинформ, 2009. 4 с.

14. ГОСТ Р 54478-2011. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: Стандартинформ, 2013. 23 с.

15. ГОСТ 26889-86. Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.

16. Копусь М.М., Нецветаева В.П., Копусь Е.М. и др. Экспресс-методы оценки селекционного материала пшеницы по качеству зерна // Достижение науки и техники АПК. 2010. № 1. С. 19-21. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15100803

17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2014. 351 с.

18. Пушкарев Д.В., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г., Краснова Ю.С., Каракоз И.И., Шаманин В.П. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (31). С. 26-35. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35683004

19. Новиков Н.Н. Формирование качества зерна хлебопекарной пшеницы при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 1. С. 59-72. Режим доступа. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13085962

References

1. Goncharenko, A.A. (2016). Ehkologicheskaya ustoichivost' sortov zernovykh kul'tur i zadachi selektsii [Ecological stability of varieties of grain crops and problems of selection]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 3 (43), pp. 31-37. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26642951

2. Ivanisov, M.M., Marchenko, D.M, Nekrasov, E.V., Rybas', I.A. i dr. (2020). Sravnitel'naya otsenka sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v mezhstantsionnom ispytanii po pokazatelyam kachestva [Comparative evaluation of winter soft wheat varieties in an inter-station test on quality indicators]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 4 (70), pp.14-18. doi: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-14-18

3. Nekrasova E.V., Marchenko D.M., Ivanisov M.M., Rybas' I.A. i dr. (2019). Otsenka urozhainosti i kachestva zerna sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Evaluation of the yield and grain quality of winter soft wheat varieties in the conditions of the Rostov region]. *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki* [Taurida herald of the agrarian sciences], no. 4 (20), pp. 79-85. doi: 10.33952/2542-0720-2019-4-20-79-85

4. Protic, R., Todorovic, G., Protic, N., Djordjevic, R., Vicentijievic, D., Delic, D. Kopanja, M., Prodanovic, R. (2013). Effect of genotype x environment interaction on grain yield of winter wheat varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 19, no. 4, pp. 697-700.

5. Ivanova, I., Ilina, S. (2020). Variability of incrphological features of spring soft wheat Moskovskya 35. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 433. 01.2016. doi: https://doi.org/10.1088/1755-1315/433/1/012016

6. Abugalieva, A.I., Savin, T.V. (2018). Biokhimicheskii sostav i tekhnologicheskaya otsenka zerna introgressivnykh form ozimoi myagkoi pshenitsy s uchastiem razlichnykh vidov [Triticum and Aegilops biochemical composition and technological evaluation of grain of introgressive forms of winter soft wheat with the participation of various species of Triticum and Aegilops]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov journal of genetics and breeding], no. 22 (3), pp. 353-362. doi: https://doi.org/10.18699/VJ18.37

7. Nekrasova, O.A., Kravchenko, N.S., Ignat'eva, N.G., Skripka, O.V., Gromova, S.N. (2021). Soderzhanie belka i kleikoviny v zerne sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennika [The content of protein and gluten in the grain of winter soft wheat varieties depending on the predecessor]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii* [Grain economy of Russia], no. 4 (74), pp. 17-21. doi: https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-17-21

8. Kulevatova, T.B., Zlobina, L.N., Beketova, G.A., Starichkova, N.I. (2019). Vliyanie predshestvennika na pokazateli kachestva zerna yarovoi myagkoi pshenitsy [The influence of the predecessor on the grain quality indicators of spring soft wheat]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Khimiya. Biologiya. Ehkologiya* [Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology], vol. 19, issue 1, pp. 64-69. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37136570

9. Zhuchenko, A.A. (2004). Vozmozhnosti sozdaniya sortov i gibridov rastenii s uchetom izmeneniya klimata [Possibilities of creating varieties and hybrids of plants taking into account climate change]. In: *Strategiya adaptivnoi selektsii polevykh kul'tur v svyazi s global'nym izmeneniem klimata* [Strategy of adaptive breeding of field crops in connection with global climate change]. Saratov, Satellite LLC, 224 p.

10. Korobeinikov, N.I. (2001). Korrelyatsionnyi analiz priznakov produktivnosti yarovoi myagkoi pshenitsy i ego ispol'zovanie v prakticheskoi selektsii [Correlation analysis of the signs of productivity of spring soft wheat and its use in practical breeding]. In: *Povyshenie ehffektivnosti selektsii i semenovodstva sel'skokhozyaistvennykh rastenii: doklady i soobshcheniya VIII genetiko-selektsionnoi shkoly* [Improving the efficiency of breeding and seed production of agricultural plants: dokl. and post. VIII genetic-selec. school]. Novosibirsk, pp. 62-72.

11. Golovochenko, A.P. (2001). *Osobennosti adaptatsionnoi selektsii yarovoi myagkoi pshenitsy v lesostepnoi zone Srednego Povolzh'ya* [Features of adaptive breeding of spring soft wheat in the forest-steppe zone of the Middle Volga region]. Kinel, 380 p.

12. Standartinform (2009). GOST 10842-89. *Zerno zernovykh i bobovykh kul'tur. Metod opredeleniya massy 1000 zeren ili 1000 semyan* [Grain of cereals and legumes. Method for determining the mass of 1000 grains or 1000 seeds]. Moscow, Standartinform, 4 p.

13. Standartinform (2009). GOST 10987-76. *Zerno. Metody opredeleniya steklovidnosti* [Seed. Methods for determining of vitreous]. Moscow, Standartinform, 4 p.

14. Standartinform (2013). GOST R 54478-2011. *Zerno. Metody opredeleniya kolichestva i kachestva kleikoviny v pshenitse* [Grain. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat]. Moscow, Standartinform, 23 p.

15. Standartinform (2010). GOST 26889-86. *Produkty pishchevye i vkusovye. Obshchie ukazaniya po opredeleniyu soderzhaniya azota metodom K'el'dalya* [Food and flavor products. General guidelines for the determination of nitrogen content by the Kjeldahl method]. Moscow, Standartinform, 8 p.

16. Kopus', M.M., Netsvetaeva, V.P., Kopus', E.M. i dr. (2010). Ehkspress-metody otsenki selektsionnogo materiala pshenitsy po kachestvu zerna [Express methods of evaluation of wheat breeding material by grain quality]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 1, pp. 19-21. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15100803

17. Dospekhov, B.A. (2014). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii)* [Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p.

18. Pushkarev, D.V., Chursin, A.S., Kuz'min, O.G., Krasnova, Yu.S., Karakoz, I.I., Shamanin, V.P. (2018). Korrelyatsiya urozhainosti s ehlementami produktivnosti sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh stepnoi zony [Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Omsk State Agrarian University], no. 3 (31), pp. 26-35. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35683004

19. Novikov, N.N. (2010). Formirovanie kachestva zerna khlebopekarnoi pshenitsy pri vyrashchivanii na dernovo-podzolistoi srednesuglinistoi pochve [Formation of grain quality of baking wheat when grown on sod-podzolic medium loamy soil]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Izvestiya of Timiryazev agricultural academy], no. 1, pp. 59-72. Available at: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13085962

Информация об авторе:

Демина Ирина Федоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий,
ORCID: http://orcid.org//0000-0003-0118-5492, deminaif@mail.ru

Information about the author:

Irina F. Demina, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of selection technologies,
ORCID: http://orcid.org//0000-0003-0118-5492, deminaif@mail.ru

deminaif@mail.ru