

DOI 10.5281/zenodo.10258886

EDN AVZWN1

УДК: 633.1:621.386.8

Архипов М. В.^{1,2}, Рутковская Т. С.², Пасынкова Е. Н.³, Конончук П. Ю.², Кочерина Н. В.²,
Гусакова Л. П.², Тюкалов Ю. А.¹, Прияткин Н. С.², Данилова Т. А.¹

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ
ЗЕРНОВОК ПШЕНИЦЫ СО ВСХОЖЕСТЬЮ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИМИ
ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРОРОСТКОВ ДЛЯ ОТБОРА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ
ПАРТИЙ СЕМЯН**

¹ ФГБНУ Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН»;

² ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»;

³ Ленинградский научно-исследовательский институт «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха»

Реферат. В целом, во всех зернопроизводящих странах количество произведенного зерна, предназначенного для продовольственных и фуражных целей, на порядок превосходит долю произведенного семенного материала. Показатели всхожести, определяемые согласно ГОСТ 12038-84, могут быть одинаковыми, а морфометрические показатели проростков – длина корня и проростка при этом могут значительно варьировать. Анализ ростовых характеристик не заменяет оценки семян по всхожести, а дает важную дополнительную информацию не только о количестве взойшедших семян, но и об их качестве. Цель исследования – выявить взаимосвязь между технологическими характеристиками зерновок пшеницы с показателями всхожести и морфометрическими показателями проростков. Работу проводили в 2023 г. в отделе светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт». Предмет исследования – зерно яровой пшеницы сорта Дарья, полученное в Меньковском филиале ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» в 2013–2015 гг. Исследовали биохимический состав, технологические, морфометрические, рентгенографические и посевные характеристики. В результате исследований установлена положительная зависимость между натурой зерна и морфометрическими показателями проростков: средняя – с длиной корня ($r = 0,67$) и высокая – с длиной проростка ($r = 0,77$). Отрицательная зависимость обнаружена между содержанием сырой золы, длиной корня (средняя – $r = -0,64$) и проростка (высокая – $r = -0,73$); содержанием серы, длиной корня (средняя – $r = -0,48$) и проростка (средняя – $r = -0,55$); содержанием фосфора и длиной корня (средняя – $r = -0,67$) и проростка (высокая – $r = -0,75$). Установлена положительная зависимость формы зерна пшеницы по показателю «округлость» с содержанием сырой золы (средняя – $r = 0,54$) и длиной проростка (средняя – $r = -0,47$). Выявленные технологические характеристики (натура) и химические показатели (содержание сырой золы, серы и фосфора в зерне), имеющие тесную связь с морфометрическими показателями проростков, могут быть использованы для отбора партий зерна, наиболее пригодных для семенных целей.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), технологические характеристики зерна, всхожесть семян, длина корня и проростка, рентгенография.

Для цитирования: Архипов М. В., Рутковская Т. С., Пасынкова Е. Н., Конончук П. Ю., Кочерина Н. В., Гусакова Л. П., Тюкалов Ю. А., Прияткин Н. С., Данилова Т. А. Исследование взаимосвязи технологических качеств зерновки пшеницы с показателями всхожести и ростового потенциала для отбора хозяйственно

ценных партий семян // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 4 (36). С. 8–17. EDN: AVZWNI. DOI: 10.5281/zenodo.10258886.

For citation: Arkhipov M. V., Rutkovskaya T. S., Pasyukova E. N., Kononchuk P. Yu., Kocherina N. V., Guskova L. P., Tyukalov Yu. A., Priyatkin N. S., Danilova T. A. Study of the relationship between technological qualities of wheat grains and germination, as well as morphometric parameters of seedlings, for economically valuable seed lots selection // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 4(36). P. 8–17. EDN: AVZWNI. DOI: 10.5281/zenodo.10258886.

Введение

Проанализированные статистические данные за последние 10 лет свидетельствуют о том, что доля производимых в стране семян составляет 10–12 % от объема полученного зерна. При этом технологии получения хозяйственно пригодных семян в силу объективных причин не всегда соблюдают [1].

В целом, во всех зернопроизводящих странах количество произведенного зерна, предназначенного для продовольственных и фуражных целей, на порядок превосходит долю произведенного семенного материала [2]. Научно-методические подходы и приемы по экспресс-оценке и отбору из имеющихся партий зерна, наиболее пригодных для семенных целей, в настоящее время находятся в стадии разработки [3–6]. Данных, полученных при проведении комплексного анализа технологических, химических, рентгенографических, морфометрических показателей качества зерна и их связи с посевными качествами семян в отечественных и зарубежных работах по зерновому и семенному контролю в доступной литературе, кроме публикаций авторов данной статьи, не обнаружено [5, 7].

Имеющиеся публикации по данному вопросу связаны в основном с определением или посевных качеств семян [8, 9], или технологических характеристик зерна [10–12].

Показатели всхожести, определяемые согласно ГОСТ 12038-84, могут быть одинаковыми, а ростовые характеристики корня и проростка при этом могут значительно варьировать. Анализ ростовых характеристик не заменяет оценки семян по всхожести, а дает важную дополнительную информацию не только о количестве взошедших семян, но и об их качестве [5].

Поэтому исследование взаимосвязи технологических характеристик зерна с показателями всхожести и ростового потенциала зерновки пшеницы для возможного отбора хозяйственно ценных партий семян с различными технологическими характеристиками является важной задачей, имеющей как теоретическое, так и прикладное значение для современного зернопроизводства и семеноводства.

Следует учитывать и тот факт, что в настоящее время доля семян отечественной селекции в посевах РФ составляет пшеницы озимой – 90,6 %, яровой – 82,2 %. При этом сорта иностранной селекции не имеют существенных преимуществ, более того, они часто уступают по показателям качества, продуктивности, устойчивости к стрессовым факторам, содержанию белка, срокам созревания и уборки. Снижение доли российских сортов в целом на рынке во многом было обусловлено и существенной разницей в технологиях производства семян. Согласно Указу Президента РФ от 21 января 2020 г., доля семян основных сельскохозяйственных культур отечественной селекции должна составлять 75 % [1]. Не вызывает сомнения, что эти семена должны быть качественными и хозяйственно пригодными для семенных посевов.

Цель исследований – выявить взаимосвязь между технологическими характеристиками зерновки пшеницы с показателями всхожести и морфометрическими показателями проростков.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в 2023 г. в отделе светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт». Предмет исследования – зерно яровой пшеницы сорта Дарья, полученное в Меньковском филиале АФИ в 2013–2015 гг. [13, 14]. Для проведения лабораторных исследований отбирали средние образцы массой 100 г [16, 17]. Определение исследуемых показателей проводили по следующим стандартам: всхожести – ГОСТ 12038-84, массы 1000 зерен – ГОСТ 10842-91, натуры – ГОСТ 10840-2017, содержания белка – ГОСТ 10846-91, количества и качества клейковины – ГОСТ Р 54478-2011, сырой золы – ГОСТ 10847-2019; определение элементов: фосфора (P) – по ГОСТ 26657-97, серы (S) – в соответствии с Методическими указаниями по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения [17]; рентгенографические показатели – ГОСТ Р 59603-2021. Дополнительно проведены измерения длины корня и проростка у семян, проросших на седьмые сутки (по ГОСТ 12038-84 – день определения всхожести).

Исследуемые показатели характеристик зерна и семян были разделены на группы: технологические, химический состав, морфометрические, рентгенографические и показатели всхожести с дополнительным измерением размеров корней и проростков. Достоверность различий между вариантами экспериментов оценивали по Б. А. Доспехову на уровне значимости $p \leq 0,05$ [16].

Рентгенографию зерна проводили на рентгенодиагностической установке ПРДУ-02 производства ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед» [4, 5].

Расшифровку полученных цифровых рентгеновских изображений осуществляли как визуально, так и с помощью автоматического анализа с использованием программного обеспечения «ВидеоТест-Морфология» («Аргус-БИО») [18].

Результаты и их обсуждение

Проведена оценка зависимости технологических характеристик зерна с биохимическим составом, морфометрическими, рентгенографическими показателями и всхожестью с дополнительными значениями длины корней и проростка. При этом была обнаружена высокая положительная корреляция между такими важнейшими технологическими показателями, как содержание клейковины и ее качество (по ИДК) ($r = 0,76$), а также между показателями качества и количества клейковины и содержанием белка в зерне (соответственно, $r = 0,75$ и $r = 0,86$) (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты корреляционного анализа технологических характеристик яровой пшеницы

		Технологические характеристики				
		масса 1000 зерен, г	натура, г/л	содержание белка, %, а.с.в.	содержание клейковины, %	ИДК
Технологические характеристики	масса 1000 зерен, г	-	0,53	0,38	0,10	0,25
	натура, г/л	0,53	-	0,22	0,31	0,36
	содержание белка, %, а.с.в.	0,38	0,22	-	0,86	0,75
	содержание клейковины, %	0,10	0,31	0,86	-	0,76
	ИДК	0,25	0,36	0,75	0,76	-

Корреляционный анализ технологических показателей и химического состава, полученных при проведении исследований, представлен в таблице 2.

Выявлена сильная отрицательная зависимость между натурой зерна, содержанием фосфора ($r = -0,88$) и сырой золой ($r = -0,80$). Кроме этого, установлена средняя отрицательная корреляция между содержанием фосфора и массой 1000 зёрен (r

= -0,56) (таблица 2). Вероятно, отрицательная корреляция между натурой зерна и содержанием фосфора обусловлена влиянием этого элемента на формирование размера и формы зерна, что подтверждается обнаруженными взаимосвязями. Находясь главным образом в зародыше, фосфор оказывает существенное влияние на жизнеспособность, урожайность и устойчивость растений к неблагоприятным факторам, а также ускоряет развитие корневой системы, формирование и созревание семян [15].

Таблица 2 – Корреляционная зависимость технологических показателей и элементного состава зерна яровой пшеницы

Элемент, %	Технологический показатель				
	масса 1000 зерен, г	натура, г/л	содержание белка, %, а.с.в.	содержание клейковины, %	ИДК
P	-0,56	-0,88	-0,13	-0,20	-0,27
S	0,21	-0,41	0,26	0,03	0,11
Сырая зола	-0,36	-0,80	-0,03	-0,18	-0,17

Наиболее сильная положительная зависимость выявлена между натурой зерна и величиной длины корня и проростка ($r = 0,67$ и $r = 0,77$), тогда как зависимость натуры от всхожести не является достоверной ($r = 0,32$) (таблица 3). Таким образом, установлено отсутствие корреляции между исследуемыми технологическими показателями и таким традиционным показателем посевных качеств семян, как всхожесть семян на седьмые сутки для семян пшеницы. В то же время обнаружена достоверная связь между натурой зерна и дополнительными показателями длины корня и проростка семян в этот же период. По другим технологическим показателям выявленная зависимость оказалась незначительной, так, например, слабая положительная корреляция ($r = 0,34$) была установлена между количеством клейковины и длиной проростка.

Таблица 3 – Корреляционный анализ технологических показателей и всхожести, длины корня и проростка зерновки яровой пшеницы (на седьмые сутки проращивания)

Параметр	Технологический показатель				
	масса 1000 зерен, г	натура, г/л	содержание белка, %, а.с.в.	содержание клейковины, %	ИДК
Всхожесть, %	0,11	0,32	0,01	0,02	-0,11
Длина корня, мм	0,31	0,67	0,20	0,25	0,15
Длина проростка, мм	0,30	0,77	0,24	0,34	0,23

Для наглядности полученные данные о взаимосвязи натуры и длины проростка представлены в виде диаграммы рассеяния, отражающей зависимости исследованных показателей. Так, например, на рисунке 1 показано, что с увеличением натуры пропорционально возрастает и длина проростка.

Корреляционный анализ связи химического состава и показателей длины корня и проростка семян показал, что кроме корреляций с содержанием калия и кальция, выявленные зависимости оказались отрицательными (таблица 4). Так, была выявлена отрицательная зависимость между содержанием фосфора, серы и зольности с показателями посевных качеств семян. Также установлена средняя отрицательная зависимость между содержанием магния и длиной корня и проростка.

Проведенные исследования позволили выявить зависимость между показателем формы зерна (округлости), определяемой на основе анализа рентгеновских проекций зерновок, и длиной проростка. При этом установлено, что длина проростка снижается с увеличением округлости зерен ($r = -0,47$) (рисунок 2).

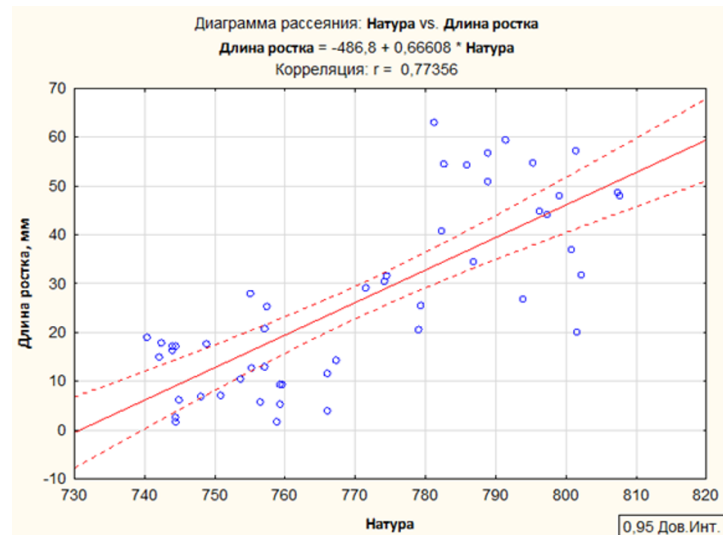


Рисунок 1 – Связь показателя натурности с длиной проростка ($r = 0,77$ при $p < 0,05$)

Таблица 4 – Результаты корреляционного анализа химического состава и всхожести семян, длины корня и проростка яровой пшеницы (на 7-е сутки проращивания)

Параметр	Содержание элементов, %					
	фосфор	калий	кальций	магний	сера	сырая зола
Длина проростка, мм	-0,75	0,15	0,30	-0,44	-0,55	-0,73
Длина корня, мм	-0,67	0,13	0,20	-0,40	-0,48	-0,64
Всхожесть, %	-0,34	0,02	0,06	-0,14	-0,34	-0,37

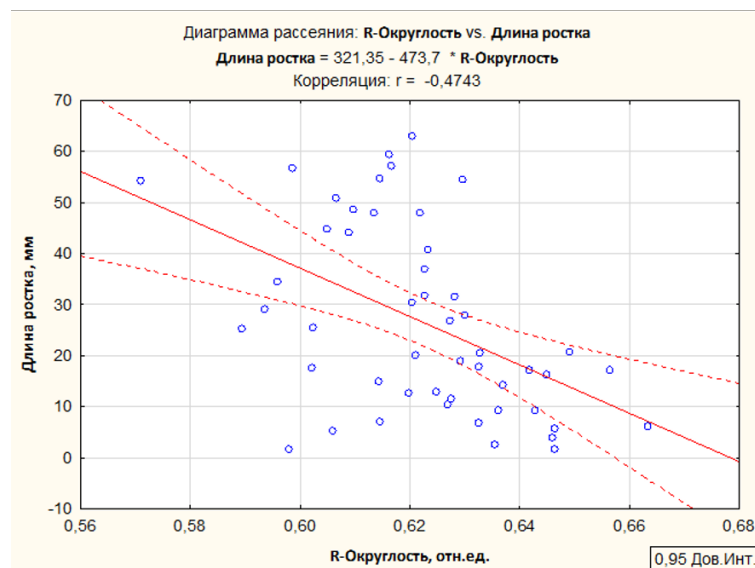


Рисунок 2 – Взаимосвязь формы семян, полученной по рентгеновским снимкам, с длиной проростка ($r = -0,47$ при $p < 0,05$)

В заключение, обсуждая полученные результаты, хотелось бы отметить ранее опубликованные данные, в которых показано отсутствие корреляции между технологическими показателями зерна пшеницы Дарья и основными рентгенографическими показателями дефектности семян, такими, как ЭМИС (энзимомикозное истощение семян), скрытое прораствание и трещиноватость [5, 7]. Этот факт может быть объяснен тем, что доля разных типов скрытых повреждений в образцах зерна, полученных в условиях данного мелкоделяночного полевого опыта, крайне мала

по причине более щадящих особенностей выращивания и уборки, чем в производственных посевах. В то же время в работах Архипова М. В. и соавторов показано, что суммарная доля скрытых повреждений, обусловленных экогенными и антропогенными факторами в промышленном производстве, достаточно велика (более 100 %) и приводит к снижению показателя всхожести на 34 %, длины корня – на 16 % и длины проростка – на 30 % [4, 5].

Таким образом, полученные данные исследованных взаимосвязей между технологическими характеристиками зерна, химическим составом зерна и показателями всхожести, длины корней и ростков семян могут служить основой для разработки методики отбора партий семян, наиболее пригодных для семенных целей.

В дальнейших исследованиях для практического использования выявленных корреляций необходимо проведение дополнительных экспериментов на различных сортах и репродукциях в различных почвенно-климатических зонах.

Выводы

Результаты проведенных исследований показали отсутствие корреляции между технологическими характеристиками зерна и показателем всхожести. Выявлено наличие взаимосвязи между технологическими характеристиками зерновки и показателями длины корня и проростка семян пшеницы на день определения всхожести, которая может быть использована при разработке методики отбора наиболее пригодных образцов для семенных целей.

Установлена положительная корреляция между показателями натурности с длиной корня (средняя – $r = 0,67$) и длиной проростка (высокая – $r = 0,77$).

Установлена отрицательная корреляция между содержанием сырой золы и длиной корня (средняя – $r = -0,64$) и проростка (высокая – $r = -0,73$), содержанием серы и длиной корня (средняя – $r = -0,48$) и проростка (средняя – $r = -0,55$), содержанием фосфора и длиной корня (средняя – $r = -0,67$) и проростка (высокая – $r = -0,75$).

Показано наличие корреляции показателя округлости зерна пшеницы: положительной – с содержанием сырой золы (средняя – $r = 0,54$) и фосфора (средняя – $r = 0,41$) и отрицательной – с натурностью (средняя – $r = -0,40$), длиной корня (средняя – $r = -0,39$) и проростка (средняя – $r = -0,47$).

Полученные данные можно рекомендовать для разработки методики отбора партий семян, наиболее пригодных для семенных целей.

Литература

1. Малько А. М., Андросова О. В. Хорошие семена – успешный старт нового сельскохозяйственного сезона // Защита и карантин растений. 2020. № 6. С. 3–5.
2. Жученко А. А. Настоящее и будущее адаптивной системы селекции и семеноводства растений на основе идентификации и систематизации их генетических ресурсов // Сельскохозяйственная биология. 2012. Т. 47. № 5. С. 3–19. DOI: 10.15389/agrobology.2012.5.3rus.
3. Леонова С. А. Развитие системы оценки и формирования технологических свойств пшеницы от селекции до товарного производства и переработки. Дисс. ... д. т. н. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки, 2011. 328 с.
4. Архипов М. В. Повышение эффективности оперативного контроля при экспертной оценке качества зерна // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2 (26). С. 19–27. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-19-27.
5. Архипов М. В., Потрахов Н. Н., Прияткин Н. С., Гусакова Л. П., Щукина П. А., Рутковская Т. С., Тюкалов Ю. А. Возможности рентгенографического мониторинга зерна разного целевого назначения для решения задач семеноводства, семеноводства и зернопроизводства // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3(31). С. 8–19. EDN: EVBKZX.
6. Иванисова А. С., Марченко Д. М., Иличкина Н. П., Самофалова Н. Е., Олдырева И. М. Источники высокого качества зерна озимой твердой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 71–81. EDN: BNZXOM.

7. Рутковская Т. С., Архипов М. В., Пасынкова Е. Н., Прияткин Н. С., Конончук П. Ю., Кочерина Н. В., Симон К. В. О связи посевных качеств семян и биохимических показателей качества зерна яровой мягкой пшеницы // *Агрофизика*. 2022. № 1. С. 42–48. DOI: 10.25695/AGRPH.2022.01.07.
8. Марченкова Л. А., Павлова О. В., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Чебаненко С. И. Характеристика посевных качеств, фитосанитарного состояния семян и стрессоустойчивости сортов яровой и озимой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» // *Владимирский земледелец*. 2021. № 4. С. 51–56. DOI:10.24412/2225-2584-2021-4-51-56.
9. Павлова О. В., Марченкова Л. А., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Гармаш Н. Ю., Чебаненко С. И., Савоськина О. А. Посевные качества семян и ростовые процессы на ранних этапах органогенеза озимой пшеницы в зависимости от обработки их биопрепаратами // *Известия ТСХА*. 2023. Вып. 1. С. 36–43. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-36-43.
10. Белецкий С. Л., Потрахов Н. Н., Гурьева К. Б., Хаба Н. А. Методология микрофокусной рентгенографии продовольственного зерна круп при хранении. 2-е изд., доп. М.: ДеЛи, 2023. 124 с.
11. Chu J., Guo X., Zheng F., Zhang X., Dai X., He M. Effect of delayed sowing on grain number, grain weight, and protein concentration of wheat grains at specific positions within spikes // *Journal of Integrative Agriculture*. 2023. Vol. 22. Iss.8. P. 2359–2369. DOI: 10.1016/j.jia.2023.02.002.
12. Mitura K., Cacak-Pietrzak G., Feledyn-Szewczyk B., Szablewski T., Studnicki M. Yield and grain quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the different farming systems (organic vs. integrated vs. conventional) // *Plants*. 2023. No. 12(5). Art. No. 1022. DOI: 10.3390/plants12051022.
13. Пасынкова Е. Н., Завалин А. А., Пасынков А. В. Фракционирование зерна пшеницы как физический способ повышения его качества // *Материалы международной конференции «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата» (к 80-летию АФИ)*. Санкт-Петербург: Любавич, 2012. С. 122–126.
14. Лекомцев П. В., Рутковская Т. С., Пасынков А. В., Хомяков Ю. В. Эффективность азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы на супесчаных почвах // *Плодородие*. 2022. № 1. С. 9–13. DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.03.
15. Макрушин Н. М., Плугатарь Ю. В., Малько А. М., Макрушина Е. М., Шабанов Р. Ю. Инновационные аспекты учения об онтогенезе, формировании, отборе и оценке качества семян. Симферополь: Полипринт, 2018. 248 с.
16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
17. Методические указания по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения. Минсельхоз РФ. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 8 с.
18. Щукина П. А., Архипов М. В., Гусакова Л. П., Прияткин Н. С. Методика подготовки цифровых рентгеновских изображений семян к визуальному дешифрированию // *Агрофизика*. 2020. № 3. С. 36–44. DOI: 10.25695/AGRPH.2020.03.06.

References

1. Malko A. M., Androsova O. V. Good seeds – a successful start to the new growing season // *Plant Protection and Quarantine*. 2020. No. 6. P. 3–5.
2. Zhuchenko A. A. Present and future of adaptive selection and seed breeding based on identification and systematization of plant genetic resources // *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2012. Vol. 47. No. 5. P. 3–19. DOI: 10.15389/agrobiology.2012.5.3eng.
3. Leonova S. A. Development of the system of evaluation and formation of technological properties of wheat from breeding to commodity production and processing. Diss. ... Dr. Sc. (Techn.). Moscow: All-Russian Research Institute of Grain and Products of Its Processing (VNIIZ), 2011. 328 p.
4. Arkhipov M. V. Improving efficiency of operational control in the expert evaluation of grain quality // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021. No. 2(26). P. 19–27. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-19-27.
5. Arkhipov M. V., Potrakhov N. N., Priyatkin N. S., Gusakova L. P., Shchukina P. A., Rutkovskaya T. S., Tyukalov Yu. A. Possibilities of X-ray monitoring of different-purpose grain to meet the challenges of seed breeding, seed production and grain production // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022. No. 3(31). P. 8–19. EDN: EVBKZX.
6. Ivanisova A. S., Marchenko D. M., Ilichkina N. P., Samofalova N. E., Oldyreva I. M. Sources of high quality of winter durum wheat grain // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022. No. 4(32). P. 71–81. EDN: BNZXOM.
7. Rutkovskaya T. S., Arkhipov M. V., Pasyunkova E. N., Priyatkin N. S., Kononchuk P. Yu., Kocherina N. V., Simon K. V. On the relationship between the sowing qualities of seeds and biochemical indicators of the quality of spring wheat grain // *Agrophysica*. 2022. No. 1. P. 42–48. DOI: 10.25695/AGRPH.2022.01.07.

8. Marchenkova L. A., Pavlova O. V., Chavdar R. F., Orlova T. G., Chebanenko S. I. Characteristics of seeding qualities, phytosanitary condition of seeds and stress resistance of spring and winter wheat varieties of the “Nemchinovka” breeding // Vladimir agricolist. 2021. No. 4. P. 51–56. DOI: 10.24412/2225-2584-2021-4-51-56.
9. Pavlova O. V. Marchenkova L. A., Chavdar R. F., Orlova T. G., Garmash N. Yu., Chebanenko S. I., Savos’kina O. A. Seed quality and growth processes at early stages of winter wheat organogenesis depending on their biological treatment // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2023. Iss. 1. P. 36–43. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-36-43.
10. Beletsky S. L., Potrakhov N. N., Guryeva K. B., Khaba N. A. Methodology of microfocuss radiography of food grain cereals during storage 2nd ed., add. Moscow: DeLi, 2023. 124 p.
11. Chu J., Guo X., Zheng F., Zhang X., Dai X., He M. Effect of delayed sowing on grain number, grain weight, and protein concentration of wheat grains at specific positions within spikes // Journal of Integrative Agriculture. 2023. Vol. 22. Iss. 8. P. 2359–2369. DOI: 10.1016/j.jia.2023.02.002.
12. Mitura K., Cacak-Pietrzak G., Feledyn-Szewczyk B., Szablewski T., Studnicki M. Yield and grain quality of common wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the different farming systems (organic vs. integrated vs. conventional) // Plants. 2023. No. 12(5). Art. No. 1022. DOI: 10.3390/plants12051022.
13. Pasynkova E. N., Zavalin A. A., Pasynkov A. V. Fractionation of wheat grain as a physical way to improve its quality // Materials of the international conference “Trends in the development of agrophysics in a changing climate” (dedicated to the 80th anniversary of the Agrophysical Research Institute). Saint-Petersburg: Lyubavich, 2012. P. 122–126.
14. Lekomtsev P. V., Rutkovskaya T. S., Pasynkov A. V., Khomyakov Yu. V. The efficiency of nitrogen fertilizers in the cultivation of spring wheat on sandy loam soils // Plodorodie. 2022. No. 1. P. 9–13. DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.03.
15. Makrushin N. M., Plugatar Yu. V., Malko A. M., Makrushina E. M., Shabanov R. Yu. Innovative aspects of the doctrine of ontogenesis, formation, selection and evaluation of seed quality. Simferopol: Poliprint, 2018. 248 p.
16. Dospekhov B. A. Methods of field research: with the basics of statistical processing of research results. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
17. Guidelines for the determination of sulfur in plants and feed of plant origin. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Moscow: Rosinformagrotekh, 2004. 8 p.
18. Shchukina P. A., Arkhipov M. V., Gusakova L. P., Priyatkin N. S. Technique of digital X-ray images preparation for visual image interpretation // Agrophysica. 2020. No. 3. P. 36–44. DOI: 10.25695/AGRPH.2020.03.06.

UDC 633.1:621.386.8

Arkhipov M. V., Rutkovskaya T. S., Pasynkova E. N., Kononchuk P. Yu., Kocherina N. V.,
Gusakova L. P., Tyukalov Yu. A., Priyatkin N. S., Danilova T. A.

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN TECHNOLOGICAL QUALITIES OF WHEAT GRAINS AND GERMINATION, AS WELL AS MORPHOMETRIC PARAMETERS OF SEEDLINGS, FOR ECONOMICALLY VALUABLE SEED LOTS SELECTION

Summary. In general, in all grain-producing countries, the amount of grain produced for food and feed purposes significantly exceeds the share of produced seeds. Germination indices determined according to GOST 12038-84 may be the same, while morphometric indices of seedlings – root and seedling length – may vary considerably. Analysis of growth characteristics does not replace the evaluation of seeds by germination rates, but provides important additional information not only about the number of seeds that have germinated, but also about their quality. The aim of the study was to determine the relationship between technological characteristics of wheat grains and both germination rates and morphometric indices of seedlings. The research work was carried out at the Department of Plant Lightphysiology and Agroecosystem Bioproductivity – structural unit of the Agrophysical Research Institute (ARI). The subject of the study – grain of spring wheat (variety ‘Darya’) that was received in 2013–2015 in Menkovo – branch of the Agrophysical Research Institute. In the course of our research, we studied biochemical composition, technological, morphometric, radiographic characteristics and sowing qualities of seeds. As a result, positive dependence between grain unit and morphometric indices of seedlings was established:

average – with root length ($r = 0.67$), high – with seedling length ($r = 0.77$). Negative correlation was found between crude ash content and root length (average – $r = -0.64$), crude ash content and seedling length (high – $r = -0.73$); sulfur content and root length (average – $r = -0.48$), sulfur content and seedling length (average – $r = -0.55$); phosphorus content and root length (average – $r = -0.67$), phosphorus content and seedling length (high – $r = -0.75$). Positive correlation between wheat grain shape, in particular such indicator as “roundness”, and crude ash content (medium – $r = 0.54$), as well as seedling length (medium – $r = -0.47$), was established. Studied technological characteristics (grain unit) and chemical parameters (content of crude ash, sulfur and phosphorus in grain) have close relationship with morphometric parameters of seedlings and can be used to select the best grain batches for seed purposes.

Keywords: spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.), technological characteristics of grain, seed germination, root and seedling length, radiography.

Архипов Михаил Вадимович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела земледелия и растениеводства, ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН», отдела светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: agrorentgen@mail.ru.

Рутковская Татьяна Сергеевна, соискатель отдела светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: tatiana-ekan@yandex.ru.

Пасынкова Елена Николаевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, директор, Ленинградский научно-исследовательский институт «Белогорка» – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха»; 188338, Россия, Ленинградская область, Гатчинский район, п. Белогорка, ул. Институтская 1; e-mail: lenniish@mail.ru.

Конончук Павел Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии почвенно-растительных систем, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: 79117717774@yandex.ru.

Кочерина Наталья Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: alle007@mail.ru.

Гусакова Людмила Петровна, кандидат биологических наук, ведущий инженер отдела светофизиологии растений и биопродуктивности агроэкосистем, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14; e-mail: l-gusakova@mail.ru.

Тюкалов Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, директор, ФГБНУ Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН»; 196608, Россия, г. Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, д.7, e-mail: yuat@mail.ru.

Прияткин Николай Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий сектором биофизики растений, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»; 195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14, e-mail: prini@mail.ru.

Данилова Татьяна Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и растениеводства, ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН»; 196608, Россия, г. Санкт-Петербург – Пушкин, шоссе Подбельского, 7А, e-mail: szcentr@bk.ru.

Arkhipov Mikhail Vadimovich, Dr. Sc. (Biol.), professor, chief researcher of the Department of agriculture and crop production, North-West Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance – separate division of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of

Sciences; of the Department of plant lightphysiology and agroecosystem bioproductivity, Agrophysical Research Institute (ARI); 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: agrorentgen@mail.ru.

Rutkovskaya Tatyana Sergeevna, applicant for a degree, Department of plant lightphysiology and agroecosystem bioproductivity, Agrophysical Research Institute (ARI); 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: tatiana-ekan@yandex.ru.

Pasynkova Elena Nikolaevna, Dr. Sc. (Biol.), chief researcher, director of the Leningrad Research Institute “Belogorka” – branch of the “Russian Potato Research Centre named after A.G. Lorkh”; 1, Institutskaya str., Belogorka village, Gatchina district, Leningrad region, 188338, Russia; e-mail: pasynkova.elena@gmail.com.

Kononchuk Pavel Yuryevich, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Laboratory of soil and plant systems biochemistry, Agrophysical Research Institute (ARI); 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: 79117717774@yandex.ru.

Kocherina NatalyaVictorovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Department of plant lightphysiology and agroecosystem bioproductivity, Agrophysical Research Institute (ARI); 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: alle007@mail.ru.

Gusakova Lyudmila Petrovna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher of the Department of plant lightphysiology and agroecosystem bioproductivity, Agrophysical Research Institute (ARI); 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: l-gusakova@mail.ru.

Tyukalov Yuriy Alekseevich, Cand. Sc. (Techn.), leading researcher, director of the North-West Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance – separate division of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences; 7, Podbelskogo road, Pushkin, Saint-Petersburg, 196608, Russia; e-mail: yuat@mail.ru.

Priyatkin Nikolay Sergeevich, Cand. Sc. (Techn.), senior researcher, head of the Sector of plant biophysics, Agrophysical Research Institute; 14, Grazhdanskiy ave., Saint-Petersburg, 195220, Russia; e-mail: prini@mail.ru.

Danilova Tatyana Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher of the Department of agriculture and crop production, North-West Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance – separate division of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences; 7, Podbelskogo road, Pushkin, Saint-Petersburg, 196608, Russia; e-mail: szcentr@bk.ru.

Дата поступления в редакцию – 12.09.2023.

Дата принятия к печати – 27.10.2023.