

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПЕНТОЗАНОВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ

Т. Б. Кулеватова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества зерна, tanjakulevatova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9564-7127;
Л. Н. Злобина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории качества зерна, L9172193438@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3866-8060;
Т. Я. Ермолаева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, yaresko.tanya@mail.ru, ORCID ID: 0009-0000-7016-6530;
Н. Н. Нуждина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, schirschowa@mail.ru, ORCID ID: 0009-0000-4706-961X;
Д. А. Жиганов, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, zhigdnk@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-8724-7043
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока»,
410010, г. Саратов, ул. Тулайкова, д. 7; e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Цель настоящего исследования – выявить наиболее ценные генотипы озимой ржи в конкурсном сортоиспытании по содержанию и качеству пентозанов. Объектами исследования служили 15 сортов и перспективных популяций урожая 2017, 2018, 2019, 2022, 2023 и 2024 годов. Почвы – черноземы южные с пятнами солонцов; предшественник – черный пар, площадь делянки 25 м², климат умеренно континентальный. Реологические свойства суспензий «ржаной шрот–вода» определяли на ротационном вискографе фирмы «Brabender» при температуре 20 °С в условных единицах прибора (е.в.). Анализировали показатели вискограммы BC_0 , BC_{10} , BC_{30} и расчетные величины $\bar{V}_{10}$, $\bar{V}_{30}$. Применяли дисперсионный и корреляционный методы статистической обработки данных. Метеоусловия были различными: 2017 г. можно в целом назвать влажным, остальные – сухими, за исключением 2023 г., когда июнь был обеспеченно влажен. Данные BC_0 свидетельствуют, что наибольшие значения вязкости наблюдались практически у всех сортообразцов в 2019 и 2024 гг., наименьшие – в 2017 и 2023 годах. Наибольшие значения $\bar{V}_{10}$, которая свидетельствует о гидрофильности пентозанов, наблюдались в 2018, 2019 и 2024 годах. Аналогичные выводы можно сделать и о количественной выраженности показателей BC_{10} , BC_{30} и скорости набухания в течение 30 мин ($\bar{V}_{30}$) во все годы исследований. На начальном этапе эксперимента набухание пентозанов идет интенсивнее; через 30 мин вязкость суспензии достигает своего максимума только у некоторых сортов. Средние значения BC_0 за все годы исследования 164,8 е.в.; BC_{10} – 252,7 е.в. и BC_{30} – 323,9 е.в. Ранги изучаемых сортов и популяций существенно не меняются, исключение составил 2024 г., так как условия вегетации были экстремально засушливыми. Наибольшие абсолютные значения всех изучаемых признаков наблюдаются в засушливые годы, однако если период налива и созревания зерна характеризуется как экстремально сухой (2024 год), то ранг сортов становится иным. Наименьшие величины вязкости и размах их варьирования наблюдались в 2023 г., когда в июне выпало 102,8 % осадков от многолетних данных. Пониженной вязкостью во все годы исследования отличались Марусенька и Солнышко; более высокой – РЖ-1, RH-11-20, ККГ (белозерная) и ККГ (зеленозерная).

Ключевые слова: озимая рожь, пентозаны, корреляция, вискограф, реология.

Для цитирования: Кулеватова Т. Б., Злобина Л. Н., Ермолаева Т. Я., Нуждина Н. Н., Жиганов Д. А. Влияние условий произрастания на качество пентозанов зерна озимой ржи // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 3. С. 46–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-98-3-46-52.



THE EFFECT OF GROWING CONDITIONS ON QUALITY OF WINTER RYE GRAIN PENTOSANS

T. B. Kulevatova, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for grain quality, tanjakulevatova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9564-7127;
L.N. Zlobina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for grain quality, L9172193438@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-3866-8060;
T. Ya. Ermolaeva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter rye, yaresko.tanya@mail.ru, ORCID ID: 0009-0000-7016-6530;
N. N. Nuzhdina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter rye, schirschowa@mail.ru, ORCID ID: 0009-0000-4706-961X;
D. A. Zhiganov, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter rye, zhigdnk@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-8724-7043
Federal State Budgetary Scientific Organization "Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region",
410010, Saratov, Tulaykov Str., 7; e-mail: raiser_saratov@mail.ru

The purpose of the current study was to identify the most valuable winter rye genotypes in the competitive variety testing for pentosans content and quality. The objects of the study were 15 varieties and promising populations, harvested in 2017, 2018, 2019, 2022, 2023 and 2024. Soils were southern chernozems with solonetz spots; the rye was laid in black fallow, plot area was 25 m²; climate was moderately continental. Rheological properties of "rye meal-

water" suspensions were determined using a Brabender rotary viscograph at a temperature of 20 °C in conventional units of the device (v.u.). There have been analyzed the viscogram indices BC_0 , BC_{10} , BC_{30} and the calculated values $\bar{V}_{10}$, $\bar{V}_{30}$. There have been used dispersion and correlation methods of statistical data processing. The weather conditions varied from the respectively wet 2017 to all other dry years, with the exception of 2023, when June was "reliably wet". The BC_0 data has shown that the highest viscosity values were observed in almost all varieties in 2019 and 2024, the lowest ones in 2017 and 2023. The highest values of $\bar{V}_{10}$, which indicated hydrophilicity of pentosans, were observed in 2018, 2019 and 2024. Similar conclusions can be made about the values of the BC_{10} , BC_{30} indicators and the swelling rate within 30 minutes ($\bar{V}_{30}$) in all years of study. At the initial stage of the trial, pentosans swell more intensively; after 30 minutes, the viscosity of the suspension reaches its maximum only in some varieties. The mean value of BC_0 for all years of the study was 164.8 units; 252.7 units of BC_{10} and 323.9 units of BC_{30} . The ranks of the studied varieties and populations do not change significantly, with the exception of 2024, since the vegetation conditions were extremely dry. The highest absolute values of all studied characteristics were observed in dry years, however, if the period of grain filling and ripening was characterized as "extremely dry" (2024), then the rank of varieties became different. The lowest viscosity values and the range of their variation were observed in 2023, when 102.8 % of the precipitation from long-term data fell in June. The varieties 'Marusenka' and 'Solnyshko' were characterized by reduced viscosity in all years of the study, 'RZh-1', 'RH-11-20', 'KKG' (belozernaya) and 'KKG' (zelenozernaya) had higher viscosity.

Keywords: winter rye, pentosans, correlation, viscograph, rheology.

Введение. Рожь является второй культурой после пшеницы, чаще всего используемой при производстве хлеба. Известно, что благодаря высокой выносливости и способности произрастать на бедных песчаных почвах, культура может возделываться в районах, обычно непригодных для выращивания других зерновых, и давать рентабельные урожаи, в силу чего, получила широкое распространение (Бушук и др., 1980; Гончаренко, 2014). Надо отметить, что озимая рожь значительно более зимостойка, чем пшеница: наибольшее производство сосредоточено в холодных умеренных зонах мира, но может возделываться также в полузасушливых районах вблизи пустынь; хорошо проявляет себя в севообороте из-за способности бороться с сорняками; находит применение и в качестве пастбищной культуры; существенное количество ржи используют при производстве алкогольной продукции (предпочтительнее светлоокрашенное зерно) (Кулеватова и др., 2016; Нуждина и др., 2023). И, конечно, в виде муки рожь используют в хлебопекарной и кондитерской промышленности.

Известно, и давно ни у кого не вызывает сомнений, что качество готовой продукции, производимой из злаковых культур, в том числе и из озимой ржи, определяется биохимическим составом зерна и продуктов его переработки. Твердозерность играет важную роль в определении мукомольных свойств и, как следствие, степени повреждения крахмала – водопоглотительной и газоудерживающей способности получаемой муки (Кулеватова и др., 2016). Особого внимания заслуживают пентозаны (некрахмальные полисахариды) ржи и их взаимодействие с крахмалом во время образования теста. Пентозаны характеризуются высокой водопоглотительной способностью, при замесе они связывают воду и образуют тесто (Пономарева и др., 2015; Кулеватова и др., 2016; Пономарева и др., 2019). Так как во ржи присутствует много некрахмальных полисахаридов, ее труднее измельчать: мука гигроскопична, что приводит к агломерации и препятствует ее просеиванию. Активность присутствующих в ржаной муке ферментов, которые расщепляют пентозаны,

и тем самым уменьшают ее водопоглотительную способность, может быть определена с помощью записи кривых набухания на вискографе (Исмагилов и Гайсина, 2015; Пономарева, 2019). Невозможно изолированно рассмотреть влияние одного фермента на хлебопекарные качества ржаной муки, это результат комплексного действия. Так как зерно ржи содержит пентозаны и они определяют диверсификацию использования данной культуры, и сортов в частности, то их изучение чрезвычайно важно (Кобылянский и Солодухина, 2023; Солодухина, 2024).

В лаборатории качества зерна ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» была разработана методика косвенного определения содержания и качества водорастворимых пентозанов по вязкости суспензии «вода-шрот ржи» методом вискографии. На представительном наборе сортообразцов изучена информативность показателей вискограммы, их селекционная значимость, чувствительность к количеству проросшего зерна в пробе и многое другое (Ермолаева, 2021). Согласно многолетним исследованиям, доля дисперсии, характеризующая влияние года на изменчивость признака, составила 49 %, взаимодействие генотип-среда – 16,2 %, генотипа – 34,8 % (Нуждина и др., 2023).

Цель настоящего исследования – выявить наиболее ценные генотипы озимой ржи в конкурсном сортоиспытании по содержанию и качеству пентозанов для дальнейшей оптимизации селекционной работы по данному признаку.

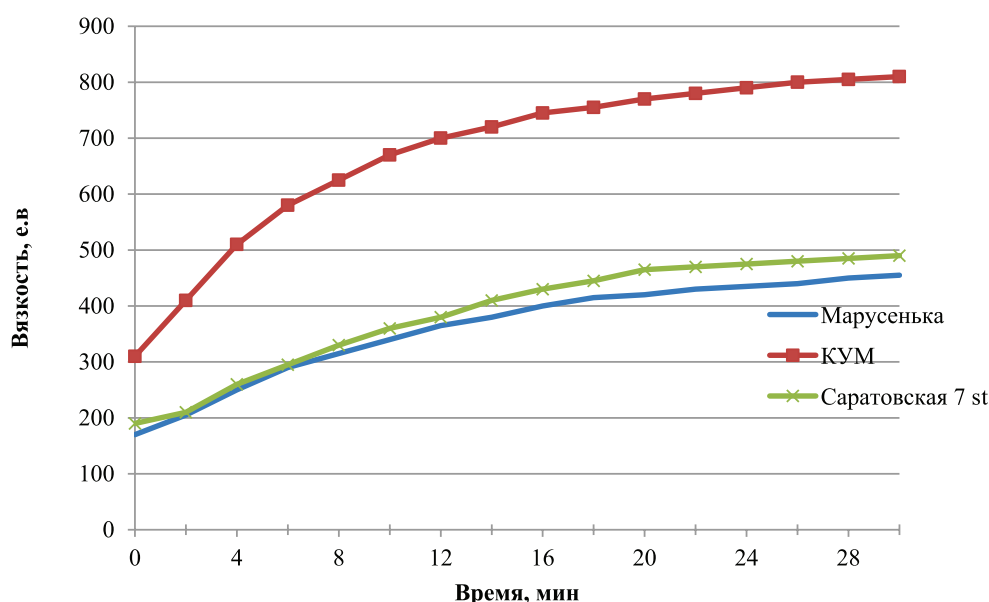
Материалы и методы исследований. Объектами исследования служили 15 сортов и перспективных популяций озимой ржи конкурсному сортоиспытанию (КСИ – селекционный питомник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов) урожая 2017, 2018, 2019, 2022, 2023 и 2024 годов в двух полевых и лабораторных повторениях: КУМ – сложная популяция, комплексно-устойчивый материал к основным заболеваниям озимой ржи; ВПР – высокопродуктивные растения; ККГ – гибридные комбинации с коричневым колосом; RH-11-20 – популяция,

состоящая из гибридов, резистентных к основным заболеваниям озимой ржи; СП 11-19 – селектируемая популяция №11; РЖ – популяция с более высокой устойчивостью к бурой листовой ржавчине; ПТКН – популяция низкорослая, созданная методом политопкросса. Сорт-стандарт – Саратовская 7. Климатическая зона – Нижнее Поволжье; климат умеренно-континентальный. Почвы – черноземы южные с пятнами солонцов, предшественник – черный пар, площадь делянки 25 м².

Реологические свойства суспензий «ржаной шрот-вода» определяли на ротационном вискографе фирмы «Brabender» при темпера-

туре 20 °С в условных единицах прибора (е.в.). Анализировали показатели вискограммы: BC_0 – вязкость системы в начальный момент времени (до начала ротации); BC_{10} – вязкость после 10 мин от начала эксперимента; BC_{30} – вязкость после 30 мин эксперимента. Принимали во внимание средние расчетные скорости нарастания вязкости за 10 ($\bar{V}_{10}$) и 30 ($\bar{V}_{30}$) мин набухания. При анализе данных применяли методы статистической обработки – дисперсионный и корреляционный.

Результаты и их обсуждение. Формы типичных «кривых набухания» различных сортов озимой ржи представлены на рисунке.



Вискограммы водных суспензий на основе шрота сортов Марусенька, КУМ и Саратовская 7
Viscograms of water suspensions based on meal of the varieties 'Marusenka', 'KUM' and 'Saratovskaya 7'

Большинство исследователей, изучающих формирование тех или иных качественных признаков у злаковых культур, в том числе и у озимой ржи, всегда принимают во внимание метеорологические условия в период активной весенне-летней вегетации растений. Принято считать, что, кроме перезимовки, ос-

новные лимитирующие факторы формирования зерна озимой ржи высокого качества – это количество осадков и температурный режим в период созревания и налива (июнь – июль).

Метеоусловия, представленные в таблицах 1 и 2, были различными в годы проведения опытов.

Таблица 1. Количество осадков за период активной вегетации растений озимой ржи в сравнении с многолетними данными
Table 1. Amount of precipitation during the period of active vegetation of winter rye in comparison with long-term data

Год	Май		Июнь		Июль	
	мм	процент (%) от многолетних значений	мм	процент (%) от многолетних значений	мм	процент (%) от многолетних значений
2017	99,3	231,0	66,7	148,0	51,5	100,0
2018	26,1	65,0	14,4	31,0	87,7	172,0
2019	34,3	80,0	21,0	47,0	49,9	98,0
2022	30,5	70,9	34,7	77,1	73,5	144,1
2023	37,4	87,0	59,3	131,8	40,9	80,2
2024	6,3	15,0	56,4	125,0	8,8	51,0

По гидротермическому коэффициенту Г. Т. Селянинова, рассчитанному по данным ЦГМС (Центр гидрометеорологии и монито-

ринга окружающей среды), позволяющему охарактеризовать степень увлажнения полей селекционного севооборота, май 2018, 2019 гг.

был очень засушливым; 2022, 2023 гг. – засушливым; в 2024-м – экстремально сухой; в то же время май 2017 г. характеризовался избыточ-

ным увлажнением. Это период кущения озимой ржи и выхода в трубку.

Таблица 2. Температура воздуха за период активной вегетации растений озимой ржи в сравнении с многолетними данными

Table 2. Air temperature during the period of active vegetation of winter rye in comparison with long-term data

Год	Май			Июнь			Июль		
	Т °С	процент (%) от многолетних значений	ГТК	Т °С	процент (%) от многолетних значений	ГТК	Т °С	процент (%) от многолетних значений	ГТК
2017	13,9	92,6	2,3	18,0	92,8	1,2	21,7	101,4	0,8
2018	18,3	122,0	0,5	19,9	102,6	0,2	23,7	110,7	1,2
2019	18,5	123,0	0,2	22,8	109,6	0,1	21,4	103,3	0,2
2022	11,7	78,0	0,8	21,0	108,2	0,6	21,7	101,4	1,1
2023	16,2	108,0	0,8	18,3	94,3	1,1	22,0	102,8	0,6
2024	13,6	91,3	0,2	23,2	119,6	0,8	25,1	85,3	0,1

Примечание. ГТК – гидротермический коэффициент (показатель влагообеспеченности территории в определенный период времени).

Июнь 2017 и 2023 гг. согласно выпавшим относительно среднемноголетним данным осадкам характеризуется как период обеспеченного увлажнения, а в 2018, 2019, 2022 гг. – как сухой. На начало июня попадает цветение ржи и в дальнейшем – формирование зерновки.

Июль в 2017 и 2023 гг. был засушливым согласно ГТК, а в 2019, 2024 гг. – очень сухим. В то время как тот же период 2018, 2022 гг. можно назвать влажным. Это период восковой и полной спелости зерновки. Таким образом, 2017 г. можно в целом назвать влажным, остальные годы сухими, за исключением 2023 г., когда июль был обеспеченно влажен. В целом же по сравнению со среднемноголетними данными наблюдается тенденция по повышению температуры. Такая дифференциация метео-

условий по годам оптимальна для научного обоснования выявленных тенденций в количественном выражении признака вязкости суспензии «ржаной шрот-вода» и кинетики набухания некрахмальных полисахаридов.

Полученные данные абсолютных значений признака BC_0 (табл. 3) свидетельствуют о том, что на начальном этапе лабораторного эксперимента (при смешивании шрота с водой), когда еще не начался процесс набухания пентозанов во времени, наибольшие значения вязкости наблюдались практически у всех сортов образцов в 2019 и 2024 гг., наименьшие – в 2017 и 2023 гг., что согласуется с выводом некоторых ученых о том, что при избыточном увлажнении наблюдаются наименьшие величины вязкости исследуемой системы и размаха их варьирования (Пономарева и др., 2015).

Таблица 3. Показатель вязкости (BC_0) водной суспензии на основе шрота озимой ржи на начальном этапе эксперимента

Table 3. Viscosity index (BC_0) of the water suspension based on winter rye meal at the initial stage of the trial

№ п/п	Название сорта, популяции	Год урожая					
		2017	2018	2019	2022	2023	2024
1	Саратовская 6	165	140	210	120	105	245
2	Марусенька	130	100	165	90	100	210
3	Памяти Бамбышева	150	130	185	120	105	225
4	Солнышко	135	95	155	100	85	305
5	Короткостебельная 3	140	95	240	95	110	210
6	Саратовская 10	155	105	190	105	100	145
7	СП-11-19	–	–	–	110	110	195
8	РЖ-1	185	195	230	115	110	190
9	Саратовская 7 st	150	100	185	90	115	155
10	РН-11-20	190	190	170	140	110	190
11	КУМ	180	185	300	125	100	170
12	ВПР	–	110	210	110	115	145
13	ККГ (белозерная)	170	230	230	130	110	175
14	ККГ (зеленозерная)	200	150	210	100	100	160
15	ПТКН	–	245	265	120	125	180
F-критерий		3,1*	14,3*	4,3*	NS	NS	NS
НСР		38	39	59			

Примечание. НСР – наименьшая существенная разница. F-критерий Фишера; * – значимо на 5%-м уровне. То же в таблицах 4 и 5.

Что касается скорости набухания в течение 10 мин эксперимента ($\bar{V}_{10}$), которая свидетельствует о качестве пентозанов, в частности об их гидрофильности, то наибольшие величины наблюдались в 2018, 2019 и 2024 годах.

Аналогичные выводы можно сделать и о количественной выраженности показателей BC_{10} , BC_{30} и скорости набухания в течение 30 мин ($\bar{V}_{30}$) во все годы исследований (табл. 4, 5 и 6).

Таблица 4. Показатель вязкости (BC_{10}) водной суспензии на основе шрота озимой ржи через 10 мин набухания
Table 4. Viscosity index (BC_{10}) of the water suspension based on winter rye meal after 10 minutes of swelling

№ п/п	Название сорта, популяции	Год урожая					
		2017	2018	2019	2022	2023	2024
1	Саратовская 6	200	250	435	145	123	315
2	Марусенька	153	185	335	90	110	230
3	Памяти Бамбышева	200	255	350	160	140	300
4	Солнышко	160	195	300	115	105	275
5	Короткостебельная 3	175	195	490	120	125	250
6	Саратовская 10	190	225	390	140	120	215
7	СП-11-19	–	–	–	160	130	240
8	РЖ-1	250	180	405	145	115	240
9	Саратовская 7 st	170	180	375	100	140	195
10	RH-11-20	265	310	480	190	165	265
11	КУМ	260	380	630	165	150	230
12	ВПП	–	235	445	120	140	210
13	ККГ (белозерная)	220	470	415	150	140	240
14	ККГ (зеленая)	275	300	445	125	130	230
15	ПТКН	–	495	635	150	150	235
F-критерий		12,2*	30,1*	10,4*	3,7*	NS	NS
НСР		37	54	91	41		

Таблица 5. Показатель вязкости (BC_{30}) водной суспензии на основе шрота озимой ржи через 30 мин набухания
Table 5. Viscosity index (BC_{30}) of the water suspension based on winter rye meal after 30 minutes of swelling

№ п/п	Название сорта, популяции	Год урожая					
		2017	2018	2019	2022	2023	2024
1	Саратовская 6	245	315	560	175	150	400
2	Марусенька	175	240	440	105	135	300
3	Памяти Бамбышева	240	410	460	195	185	420
4	Солнышко	195	240	425	145	135	355
5	Короткостебельная 3	200	240	600	150	155	320
6	Саратовская 10	225	270	505	170	155	280
7	СП-11-19	–	–	–	190	170	305
8	РЖ-1	305	390	535	165	140	295
9	Саратовская 7 st	190	230	510	125	185	235
10	RH-11-20	350	420	625	225	215	350
11	КУМ	345	490	780	210	190	305
12	ВПП	–	300	580	145	175	275
13	ККГ (белозерная)	265	630	550	190	180	310
14	ККГ (зеленая)	345	380	585	155	160	305
15	ПТКН	–	620	775	190	195	325
F-критерий		7,2*	38,2*	10,6*	3,3	2,7*	NS
НСР		72,9	64,4	99,6	54,3	43,8	

Таблица 6. Пределы варьирования показателей вискограммы по годам
Table 6. Limits of viscogram indicators' variation through the years

Год	Название показателя				
	BC_0	BC_{10}	BC_{30}	$\bar{V}_{10}$	$\bar{V}_{30}$
2017	130–200 (70)	153–275 (122)	175–350 (175)	2,0–8,0 (6,0)	1,3–5,5 (4,2)
2018	95–245 (150)	180–470 (250)	230–620 (390)	8,0–25,0 (17,0)	4,4–13,4 (9,0)
2019	155–300 (145)	300–635 (335)	425–780 (355)	14,5–37,0 (22,5)	9,0–17,0 (8,0)
2022	90–140 (50)	90–190 (100)	105–225 (120)	0,0–5,0 (5,0)	0,5–2,8 (2,3)
2023	85–125 (40)	105–165 (60)	135–215 (80)	0,5–5,5 (5,0)	1,0–3,5 (2,5)
2024	145–305 (150)	195–315 (120)	235–400 (165)	0,2–7,5 (7,3)	2,7–6,5 (3,8)

Абсолютные значения расчетной скорости свидетельствуют, что на начальном эта-

пе вязкость нарастает быстрее (величины $\bar{V}_{10}$), это объясняется тем, что поглощение воды

и набухание пентозанов идет интенсивнее. Через 30 мин эксперимента вязкость суспензии достигает своего максимума у некоторых сортов, у других же все еще продолжает на-

растать. Среднее значение BC_0 за все годы исследования составило 164,8 е.в.; BC_{10} – 252,7 е.в. и BC_{30} – 323,9 е.в. (табл. 7).

Таблица 7. Средние значения показателей по годам
Table 7. Mean values of indicators through the years

Показатель	Год						$\bar{X}$
	2017	2018	2019	2022	2023	2024	
BC_0	163	155	174	158	147	193	164,8
BC_{10}	210	245	313	267	238	244	252,7
BC_{30}	257	318	405	343	305	316	323,9

Рассчитанные коэффициенты корреляции (табл. 8) свидетельствуют о том, что в основном за 5 лет изучения ранги сортов и популяций по показателям реологических свойств водных

суспензий на основе шрота существенно не меняются, исключение составил 2024 г. в связи с тем, что погодные условия были чрезвычайны, экстремально засушливыми.

Таблица 8. Коэффициенты корреляции между одноименными признаками по годам
Table 8. Correlation coefficients between the same traits through the years

Год урожая	2018	2019	2022	2023	2024
BC_0					
2017	0,7547**	0,4100	0,5860**	0,2638	-0,4766*
2018	–	0,5692**	0,7995**	0,4649	-0,2303
2019	–	–	0,2785	0,3956	-0,3649
2022	–	–	–	0,1885	-0,0426
2023	–	–	–	–	-0,5435**
BC_{10}					
2017	0,5569**	0,6308**	0,6980**	0,5729**	-0,0200
2018	–	0,6699**	0,5775**	0,6198**	-0,0131
2019	–	–	0,4948*	0,6356**	-0,1600
2022	–	–	–	0,6219**	0,3970
2023	–	–	–	–	-0,0900
BC_{30}					
2017	0,6569**	0,7136**	0,7213**	0,5016**	0,0730
2018	–	0,6133**	0,7180**	0,5686**	0,1679
2019	–	–	0,5620**	0,5897**	-0,0978
2022	–	–	–	0,6553**	0,4344
2023	–	–	–	–	0,0266

Примечание. *, ** – значимо на 5 и 1%-м уровнях.

Выводы. Подтверждено, что вязкость изучаемой системы зависит не только от генотипически обусловленных, но и от средовых факторов. Исследования фенотипической выраженности показателей вискограммы, характеризующих качество пентозанов озимой ржи (набухание во времени), в течение 5 лет показали, что наибольшие абсолютные значения всех изучаемых признаков наблюдаются в засушливые годы, однако если период налива и созревания зерна характеризуется как экстремально сухой (2024 г.), то ранг сортов становится иным. Показатели в такие исключительные годы надо рассматривать отдельно. Наименьшие величины вязкости и размах их варьирования наблюдались во влажном 2017 г.

и в 2023 г., когда в июне выпало 102,8 % осадков от многолетних данных. Более низкой вязкостью во все годы исследования отличались Марусенька и Солнышко; более высокой РЖ-1, RH-11-20, ККГ (белозерная) и ККГ (зеленозерная).

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы НИОКР FNWF-2022-0003 «Создание и совершенствование системы видов и сортов (гибридов) с.-х. культур, адаптивных к абиострессорам и устойчивых к основным патогенам, сочетающих высокую потенциальную продуктивность с качеством урожая с целью снижения экономических рисков в растениеводстве и повышения биоразнообразия в регионе».

Библиографический список

1. Бушук В., Кэмпбелл У. П., Дреус Э. и др. Рожь. Производство, химия и технология. М.: Колос, 1980. 247 с.
2. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М., 2014. 234 с.
3. Ермолаева Т. Я., Нуждина Н. Н., Говердов Д. Е., Злобина Л. Н., Крупнова О. В., Осыка И. А., Кулеватова Т. Б. Адаптивность сортов озимой ржи по реологическим свойствам суспензий шрота // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 4. С. 27–32. DOI: 10.31857/S2500262721040062

4. Исмагилов Р. Р., Гайсина А. Ф. Содержание водорастворимых пентозанов в зерне ржи разной фракции // Пиво и напитки. 2015. № 3. С. 44–46.
5. Кулеватова Т. Б., Кайргалиев Д. В., Андреева Л. В., Ермолаева Т. Я., Злобина Л. Н., Нуждина Н. Н. Качество зерна озимой ржи: Учебно-методическое пособие под. ред. А. И. Прянишников. Саратов, 2016. 50 с.
6. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Технология селекции и семеноводства ржи универсального использования с низким содержанием водорастворимых пентозанов. СПб.: Изд-во «Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», 2023. 28 с.
7. Нуждина Н. Н., Жиганов Д. А., Ермолаева Т. Я., Кулеватова Т. Б., Злобина Л. Н., Андреева Л. В., Куликова В. А., Салманова Н. А., Нечаев В. Н. Показатели качества и фракционный состав зерна сортов озимой ржи по крупности в условиях Нижнего Поволжья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. № 184(4). С. 153–162. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-153-162
8. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н. Оптимизация параметров качества зерна для селекции озимой ржи // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(3). С. 320–327. DOI: 10.18699/vj19/496
9. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Гильмуллина Л. Ф., Маннапова Г. С. Фенотипическая оценка содержания пентозанов в ржаном шроте методом определения вязкости водного экстракта // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 29(11). С. 32–35.
10. Солодухина О. В. Принципы селекции ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне // Биотехнология и селекция растений. 2024. Т. 7, № 2. С. 42–52. DOI: 10.30901/2658-6266-2024-2-03

References

1. Bushuk V., Kempbell U. P., Dreves E. i dr. Rozh'. Proizvodstvo, khimiya i tekhnologiya [Rye. Production, chemistry and technology]. M.: Kolos, 1980. 247s.
2. Goncharenko A. A. Aktual'nye voprosy seleksii ozimoi rzhi [Current issues of winter rye breeding]. M., 2014. 234 s.
3. Ermolaeva T. Ya., Nuzhdina N. N., Goverdov D. E., Zlobina L. N., Krupnova O. V., Osyka I. A., Kulevatova T. B. Adaptivnost' sortov ozimoi rzhi po reologicheskim svoistvam suspenzii shrota [Adaptability of winter rye varieties according to rheological properties of meal suspensions] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2021. № 4. S. 27–32. DOI: 10.31857/S2500262721040062
4. Ismagilov R. R., Gaisina A. F. Soderzhanie vodorastvorimyykh pentozanov v zerne rzhi raznoi fraktsii [Content of water-soluble pentosans in rye grain of different fractions] // Pivo i napitki. 2015. № 3. S. 44–46.
5. Kulevatova T. B., Kairgaliev D. V., Andreeva L. V., Ermolaeva T. Ya., Zlobina L. N., Nuzhdina N. N. Kachestvo zerna ozimoi rzhi [Quality of winter rye grain]: Uchebno-metodicheskoe posobie pod red. A. I. Pryanishnikova. Saratov, 2016. 50 s.
6. Kobylanskiy V. D., Solodukhina O. V. Tekhnologiya seleksii i semenovodstva rzhi universal'nogo ispol'zovaniya s nizkim soderzhaniem vodorastvorimyykh pentozanov [Technology of breeding and seed production of universal rye with a low content of water-soluble pentosans]. SPb.: Izd-vo «Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Federal'nyi issledovatel'skii tsentr Vserossiiskii institut geneticheskikh resursov rastenii imeni N. I. Vavilova», 2023. 28 s.
7. Nuzhdina N. N., Zhiganov D. A., Ermolaeva T. Ya., Kulevatova T. B., Zlobina L. N., Andreeva L. V., Kulikova V. A., Salmanova N. A., Nechaev V. N. Pokazateli kachestva i fraktsionnyi sostav zerna sortov ozimoi rzhi po krupnosti v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [Quality indicators and fractional composition of winter rye varieties according to its grain size in the Lower Volga region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2023. № 184(4). S. 153–162. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-4-153-162
8. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Optimizatsiya parametrov kachestva zerna dlya seleksii ozimoi rzhi [Optimization of grain quality parameters for winter rye breeding] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2019. № 23(3). S. 320–327. DOI: 10.18699/vj19/496
9. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Gil'mullina L. F., Mannapova G. S. Fenotipicheskaya otsenka soderzhaniya pentozanov v rzhanom shrote metodom opredeleniya vyazkosti vodnogo ekstrakta [Phenotypic estimation of pentosan content in rye meal by determining the viscosity of an aqueous extract] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. № 29(11). S. 32–35
10. Solodukhina O. V. Printsipy seleksii rzhi s nizkim soderzhaniem vodorastvorimyykh pentozanov v zerne [Principles of breeding rye with a low content of water-soluble pentosans in grain] // Biotehnologiya i selektsiya rastenii. 2024. Т. 7, № 2. S. 42–52. DOI: 10.30901/2658-6266-2024-2-03

Поступила: 11.03.25; доработана после рецензирования: 03.04.25; принята к публикации: 03.04.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кулеватова Т. Б. – концептуализация исследования, анализ данных, подготовка рукописи; Злобина Л. Н. – выполнение лабораторных опытов, статистическая обработка данных, подготовка рукописи; Ермолаева Т. Я. – проведение полевых опытов, сбор материала для исследования, анализ данных; Нуждина Н. Н. – проведение полевых опытов, сбор и анализ данных; Жиганов Д. А. – проведение полевых опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.