

3. Параметры среды как селективного фона для отбора сортов ярового ячменя (Московская и Рязанская области) (2015–2017 гг.)

3. Parameters of environment as a selective background for the selection of spring barley varieties (Moscow and Ryazan regions) (2015–2017)

Год	Среднее содержание белка, %	Эффект среды, d_k	Варианса $\sigma^2ДСС_k$	S_{ek}	Коэффициент		
					I_{ek}	K_{ek}	t_k
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»							
2015	12,1	−0,3	0,2	4,0	0,1	0,7	0,1
2016	12,5	+0,1	0,4	4,7	0,7	1,1	−0,3
2017	12,8	+0,4	1,4	9,4	0,2	4,6	0,3
ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИС							
2015	13,2	+0,8	1,3	8,4	0,1	4,2	0,1
2016	11,8	−0,6	0,6	6,5	0,1	1,9	0,1
2017	11,8	−0,6	0,8	7,4	0	2,4	0,3

Библиографические ссылки

1. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев: Штиинца, 1980. 587 с.
2. Кадыров А. М. Рекомендации по уходу за посевами и уборке пивоваренного ячменя // Белорусское сельское хозяйство. Минск, 2007. № 6. С. 42–46.
3. Кильчевский А. В. Экологическая организация селекционного процесса // Генетические основы селекции: мат. Всероссийской школы молодых селекционеров им. С. А. Кунакбаева, 11–15 марта 2008 г. Уфа. 2008. С. 70–85.
4. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды // Генетика. Сообщение 1. Обоснование метода. 1985. № 9. С. 1481–1490.
5. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник с.-х. науки. 1985. № 1. С. 66–73.
6. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 196, 6. № 6(1). Pp. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci.1966.0011183X000600010011X.

References

1. Zhuchenko A. A. Ehkologicheskaya genetika kul'turnykh rastenij [Ecological genetics of cultivated plants]. Kishinev: Shtiinca, 1980. 587 s.
2. Kadyrov A. M. Rekomendacii po uhodu za posevami i uborke pivovarennogo yachmenya [Recommendations for malting barley care and harvesting] // Belorusskoe sel'skoe hozyajstvo. Minsk. 2007. № 6. S. 42–46.
3. Kil'chevskij A. V. Ehkologicheskaya organizaciya selekcionnogo processa [Ecological organization of the breeding process] // Geneticheskie osnovy selekcii: Mat. Vserossijskoj shkoly molodyh selekcionerov im. S. A. Kunakbaeva, 11–15 marta 2008 g. Ufa, 2008. S. 70–85.
4. Kil'chevskij A. V., Hotyleva L. V. Metod ocenki adaptivnoj sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differenciruyushchej sposobnosti sredy [The method of estimation of adaptability and stability of genotypes, differentiating ability of the environment] // Genetika. Soobshchenie 1. Obosnovanie metoda. 1985. № 9. S. 1481–1490.
5. Nettevich Eh. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Povyschenie ehffektivnosti otbora yarovoj pshenicy na stabil'nost', urozhajnost' i kachestvo zerna [Improving the efficiency of spring wheat selection for stability, productivity and grain quality] // Vestnik s.-h. nauki. 1985. № 1. S. 66–73.
6. Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 196, 6. № 6(1). Pp. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci.1966.0011183X000600010011X.

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.

УДК 633.14:631.524.7

DOI 10.31367/2079-8725-2018-60-6-59-63

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ РЖИ НА ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ ЦЕЛИ

Е. Н. Шаболкина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории технолого-аналитического сервиса, elenashabolkina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1090-4399;
А. А. Бишарев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный руководитель лабораторией серых хлебов, alexbisharev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5804-3298;
Н. В. Анисимкина, старший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, anisimkina.natalya@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5129-7797;
М. В. Беляева, младший научный сотрудник лаборатории технолого-аналитического сервиса, s.g.belyaev1990@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3090-9026
 ФГБНУ «Самарский НИИСХ»,
 446254, Самарская обл., п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41; тел.: 8 (84676) 2-11-40; e-mail: samniish@mail.ru

Снижение производства ржи в РФ связано с низкой конкурентоспособностью, а также с недостаточным селекционным улучшением вновь создаваемых сортов по ряду признаков. Озимая рожь продовольственного назначения занимает крупный сегмент современного рынка, поэтому необходимо выращивать сорта, пригодные не только для производства спирта, крах-

мала, кормопродуктов, но и для хлебопекарных целей с высокими биохимическими и технологическими свойствами. Цель наших исследований – выявить перспективы селекции сортов озимой ржи с улучшенными хлебопекарными достоинствами в условиях Среднего Поволжья. Исследования проводили с 2015 по 2017 г. на базе Самарского НИИСХ им. Н. М. Тулайкова. Объектом исследований послужили районированные и перспективные сорта озимой ржи. Оценены влияние изменяющихся условий произрастания на урожай, элементы продуктивности и качество зерна. Установлено, что сорт озимой ржи Безенчукская 110 за годы исследований был более стабильным и пластичным к условиям произрастания (коэффициент регрессии – 0,88) и по урожайности зерна достоверно превысил стандарт (50,3 ц/га) на 2,1 ц/га. Лучшую хлебопекарную оценку в 2015 и 2016 гг. показали сорта Безенчукская 87 и Роксана: максимальный объем хлеба – 515–575 см³. В 2016 г. более высокие биохимические показатели (число падения – 282 с; высота амилограммы – 780 ед. а.) и хлебопекарное качество (общая хлебопекарная оценка – 4,2 балла) продемонстрировал сорт Безенчукская 110. В условиях Среднего Поволжья необходимо вести селекцию сортов озимой ржи продовольственного назначения, а именно с улучшенными технологическими и хлебопекарными достоинствами.

Ключевые слова: озимая рожь, селекция, качество зерна, биохимические и технологические свойства, хлебопекарные достоинства.



PROSPECTS OF WINTER RYE BREEDING FOR BREAD BAKING

E. N. Shabolkina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory of technological and analytical service, e-mail: elenashabolkina@yandex.ru; ORCID ID 0000-0003-1090-4399;

A. A. Bisharev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory of grey bread, e-mail: alexbisharev@mail.ru; ORCID ID 0000-0001-5804-3298;

N. V. Anisimkina, senior researcher of the laboratory of technological and analytical service, e-mail: anisimkina.natalya@yandex.ru; ORCID ID 0000-0001-5129-7797;

M. V. Belyaeva, junior researcher of the laboratory of technological and analytical service, e-mail: s.g.belyaev1990@gmail.com; ORCID ID 0000-0002-3090-9026

FSBSI "Samarsky RIA",

446254, Samara region, v. Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; tel.: 8 (84676) 2-11-40; e-mail: samniish@mail.ru

The rye production decrease in the Russian Federation is associated with low competitiveness, as well as the insufficient breeding improvement of newly developed varieties with a number of traits. Winter rye for food occupies a large segment of the modern market, so it is necessary to grow varieties that are suitable not only for the production of alcohol, starch and fodder, but also for baking purposes with high biochemical and technological properties. The purpose of our research is to find out the breeding prospects for winter rye varieties with improved baking advantages in the Middle Volga region. The study was conducted from 2015 to 2017 on the basis of the Samara RIA named after N. M. Tulaykov. The object of the research was some zoned and promising winter rye varieties. The influence of changing growing conditions on yield, productivity elements and grain quality has been evaluated. It has been established that over the years of study the winter rye variety "Bezenchukskaya 110" was more stable and adaptable to the growing conditions (regression coefficient of 0.88) than the standard variety and its productivity reliably exceeded the yield of the standard variety (50.3 hwt/ha) by 2.1 hwt/ha. In 2015 and in 2016 the varieties "Bezenchukskaya 87" and "Roksana" showed the best baking properties, namely 515–575 cm³ of maximum bread volume. In 2016 the variety "Bezenchukskaya 110" showed the best biochemical parameters (282 p. falling number; 780 e. a. height of amylogram) and baking quality (4.2 points of general baking assessment). In the conditions of the Middle Volga region, it is necessary to carry out breeding of winter rye varieties for food, namely with improved technological and baking advantages.

Keywords: winter rye, breeding work, grain quality, biochemical and technological properties, baking advantages.

Введение. В России рожь, как и пшеница, относится к основным хлебным культурам. Однако производство ржи в РФ резко снизилось. Причина этого в низкой конкурентоспособности, в основе которой лежит механизм ценообразования и возможности расширения рынка потребителей. Существенное влияние на эти процессы оказывает селекционное улучшение вновь создаваемых сортов по ряду признаков. Задачи современного рынка селекции зерновых культур – создание адаптивных сортов, устойчивых к абиотическим и биотическим факторам, обеспечивающих высокие и стабильные урожаи зерна, пригодных для возделывания по ресурсосберегающим технологиям, а также продовольственная, техническая и кормовая адресность создаваемых сортов.

В настоящее время актуальны исследования, направленные на повышение биобезопасности и питательной ценности продуктов питания. В связи с этим перспективно увеличение разнообразия хлебобулочных изделий. Высокое содержание минеральных веществ и клетчатки, небольшая калорийность ржаного хлеба и ржано-пшеничных изделий (с большей долей ржаной муки) обеспечивают широкий спрос на данную продукцию. По питательной ценности белки ржаной муки выше белков пшеничной муки, так как богаче незаменимыми аминокислотами, а именно дефицитным лизином (Гончаренко, 2014; Бушук, Кэмпбелл, Дреус,

1980). Большое количество биологически активных и ароматических веществ, прекрасные вкусовые достоинства делают такой хлеб не только полезным, но и вкусным.

Хлебопекарные свойства ржаной муки зависят от амилотической активности зерна и состояния крахмала. Низкая температура клейстеризации и высокая ферментативная активность создают условия для большей «атакуемости» крахмала ферментами, что способствует быстрому расщеплению ржаного крахмала на декстрины и простые сахара (Гончаренко, Исмагилов, Беркутова, 2005). Промежуточные продукты распада крахмала снижают качество хлебных изделий из ржи, придавая мякишу липкость и «сыропеклость».

В многочисленных исследованиях подчеркивается, что основная роль при приготовлении ржаного теста принадлежит пентозанам. Белковый комплекс ржаной муки состоит из небольшого количества клейковинных белков и в основном из соли – и водорастворимых фракций, которые набухают и пептизируются. Некрахмальные полисахариды, а именно водорастворимые пентозаны, связывают значительное количество воды при приготовлении теста и образуют очень вязкие коллоидные растворы, что положительно влияет на структуру и реологические свойства ржаного теста (Ненгу, 1985). Однако положительные

функции пентозанов при выпечке отрицательно влияют на усвояемость питательных веществ, нарушая процесс пищеварения у животных (Rakowska, 1996). Высоковязкие пентозаны являются нежелательными не только при использовании ржи на кормовые цели, но и при производстве крахмала, сахара и этилового спирта. Накопленные теоретические и практические данные позволяют использовать доноры и генетические источники хозяйственно ценных признаков для создания сортов целевого назначения, то есть для пищевых, кормовых и технических целей.

Учитывая тот факт, что озимая рожь продовольственного назначения занимает крупный сегмент современного рынка, цель наших исследований – выяснить перспективы селекции сортов с улучшенными технологическими и хлебопекарными достоинствами в условиях Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили с 2015 по 2017 г. на базе Самарского НИИСХ им. Н. М. Тулайкова. Объектом исследований послужили районированные и перспективные сорта озимой ржи. Закладку питомника конкурсного сортоиспытания проводили сеялкой Клен-1,5С; учетная площадь делянок – 20 м²; повторность – 4-кратная. Норму высева рассчитывали с учетом массы 1000 зерен. Уборку проводили селекционными комбайнами Сампо-130. Стандартом служил сорт Безенчукская 87.

Фенологические наблюдения, учеты и определение структуры урожая осуществляли в соответствии с Методикой государственного испытания полевых культур, Методикой УПОВ ТГ/16/4. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием пакета прикладных программ Agros-2.0.

Оценку качества зерна проводили в соответствии с методиками национальных стандартов Российской Федерации и методов ИСО: содержание белка в зерне по ГОСТ 10846-91; «число падения» – на приборе ПЧП-3; амилолитическую активность зерна определяли на амилографе Брабендера; пробные лабораторные выпечки – с использованием безопасного метода лабораторной выпечки ржаного хлеба по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. В лабораторных условиях по выборке из 45 растений, взятых в трех повторениях, определяли массу 1000 зерен по ГОСТ 10842-76, натуру – по ГОСТ 54895-2012. Содержание пентозанов в зерне определяли орцинол-хлоридным методом в модификации HashimotoS. (Hashimoto, Shogren, Pomeranz, 1987).

Результаты и их обсуждение. Анализ метеорологических условий 2015–2017 гг. показал, что в 2015 г. к началу вегетации посевы были в хорошем состоянии. Большое количество осадков в апреле – мае (на 16,0–19,4 мм больше среднегодовых величин) способствовали хорошему развитию растений. Однако недостаток влаги в фазу «цветение – полная спелость» в сочетании с повышенным температурным режимом (ГТК = 0,49) в значительной степени повлиял на крупность зерна (21,5–28,0 г). В 2016 г. обилие осадков в апреле и большие запасы продуктивной влаги в почве (140 мм), а также повышенный температурный режим способствовали интенсивному росту растений. Весенне-летний период вегетации характеризовался повышенным температурным режимом (температура воздуха была на 0,5–3,4 °C выше средних значений) и дефицитом осадков в мае – июле (23,2–41,0 мм). В 2017 г. обилие осадков в мае (57,0 мм) и июне (98,6 мм), а также температурный режим (на уровне средних многолетних значений) способствовали интенсивному росту и развитию растений озимой ржи.

Анализируя параметры адаптивности сортов по урожайности зерна за три года (2015–2017 гг.), установили, что реакция на изменение погодных условий у сортообразцов была различна. Так, сорт Безенчукская 87 имел коэффициент регрессии, близкий к 1 и равный 0,92 (табл. 1). Этот сорт характеризуется высокой экологической пластичностью, урожайность зерна у него на хорошем агрофоне высокая, на низком – незначительно снижается. Сорта Антарес и Безенчукская 110 имели коэффициент регрессии ниже 1 (0,86–0,88), это говорит о том, что они слабо реагируют на изменение факторов среды и по сравнению с другими сортами менее подвержены засушливым условиям Среднего Поволжья. У сорта Роксана коэффициент регрессии был значительно выше 1 ($b_i = 1,49$), то есть в благоприятные по климатическим условиям годы он формирует высокую урожайность зерна, резко ее снижая при ухудшении условий среды, что свидетельствует о том, что сорт с доминантным контролем высоты растений в наибольшей степени может проявить себя в лесостепной зоне Самарской области, меньше подверженной засухе.

1. Параметры адаптивности сортообразцов озимой ржи по урожайности зерна в конкурсном сортоиспытании (2015–2017 гг.) 1. Parameters of adaptability of winter rye variety samples according to grain productivity in competitive variety testings (2015–2017)

Сорт, популяция	x_i , ц/га	b_i	Hom	CV, %
Безенчукская 87	50,3	0,92	33,3	11,6
Антарес	51,6	0,86	25,9	12,7
Роксана	48,9	1,49	11,7	18,8
Безенчукская 110	52,4	0,88	32,6	11,2
НСР _{0,05}	2,0			

Урожайность зерна за годы исследований колебалась от 38,8 до 62,4 ц/га. В среднем за три года достоверно превысил стандарт (50,3 ц/га) по урожаю зерна на 2,1 ц/га сорт Безенчукская 110. Наибольшую массу 1000 зерен (30,8 г) сформировал сорт Безенчукская 87. По числу зерен в колосе (44,6–47,5 г) выделились сорта Роксана и Безенчукская 110. За счет сочетания высоких показателей массы 1000 зерен и числа зерен в колосе у сортов Безенчукская 87 и Безенчукская 110 отмечен самый высокий показатель массы зерна с колоса (1,60–1,61 г). По продуктивной кустистости выделился сорт Антарес (517 ст./м²).

В ходе проведенного корреляционного анализа установлено, что на урожайность зерна влияют три основных признака: масса 1000 зерен ($r = 0,65–0,63^*$), масса зерна с колоса ($r = 0,40–0,74^*$) и количество продуктивных стеблей на 1 м² ($r = 0,54–0,68^*$).

Для объективной оценки качества зерна необходимо проанализировать комплекс показателей: биохимических, технологических, хлебопекарных. Технологические и хлебопекарные качества зерна озимой ржи сильно зависят от генотипа сорта и условий года. Результаты исследований показывают, что такие показатели качества, как число падения и вязкость водно-мучной суспензии, тесно связанные со стабильностью углеводно-амилазного комплекса, сильно варьируют под влиянием фенотипических факторов $C_{vf} = 31,2$ и 29,8% (табл. 2). Содержание белка, водорастворимых пентозанов, объем хлеба и качество мякиша под влиянием генотипических и средовых факторов характеризуются слабой изменчивостью $C_{vf} = 4,7–8,9\%$. Сорта с высоковариабельными показателями качества являются менее экологически стабильными и пластичными к изменяющимся условиям

произрастания. В селекционной работе с озимой рожью для более объективного отбора на качество зерна к основным параметрам – высоте амиллограммы, числу падения, которые сильно зависят от погодных условий и не коррелируют с содержанием амилозы, амилопектина и активностью α -амилазы ($r = -0,11...0,40$) (Бебякин и др., 2006), необходимо добавить новые оценочные параметры.

Основная роль в улучшении хлебопекарных свойств озимой ржи принадлежит хорошо растворимым и набухающим в воде компонентам: крахмалу, белкам и пентозанам. Качество крахмала и амилитическая активность зерна оказывают большое влияние на состояние углеводно-амилазного комплекса. Ферменты активно действуют на мелкие и поврежденные зерна крахмала, а большое количество крупных и плотных зерен создает условия для низкой ферментативной активности (Беркутова, 1991). За годы исследований (2015–2017 гг.) изучаемые сорта озимой ржи показали высокий уровень устойчивости зерна к прорастанию (число падения – 128–368 с) и амиллографической вязкости крахмальных зерен (400–1000 ед. а.), что свидетельствует о низкой активности α -амилазы. Наибольшие значения по данным параметрам сформировали сорта озимой ржи Антарес и Безенчукская 110. Такая закономерность по сортам наблюдается во все исследуемые годы. Выявлена тесная корреляционная связь признака «число падения» с вязкостью водно-мучной суспензии по амиллографу ($r = 0,97^{**}$). Несколько сла-

бее данный показатель сопряжен с хлебопекарной оценкой: объем хлеба ($r = 0,60^*$) и качество мякиша ($r = 0,70^*$).

Большие запасы продуктивной влаги в почве и повышенный температурный режим в весенне-летний период в 2016 г. способствовали формированию зерна озимой ржи с крепким крахмалом и высокими биохимическими показателями: «число падения» (270–368 с), определяемое по методу Хагберга – Пертена, и максимальная вязкость водно-мучной суспензии по амиллографу (780–1000 ед. а). Проведение лабораторной выпечки хлеба подтвердило полученные результаты – мякиш хлеба очень сухой и растрескивающийся, а также выявлена положительная корреляционная зависимость данного признака с высотой амиллограммы ($r = 0,62^*$). Ржаную муку с такими биохимическими показателями необходимо использовать как улучшитель в смеси с мукой низкого качества. Сорта озимой ржи Безенчукская 87 и Роксана в 2015 и 2016 гг. показали лучшую хлебопекарную оценку: максимальный объем хлеба – 515–575 см³, внешний вид хлеба, пористость, эластичность имели более высокую оценку по сравнению с другими сортами. Цвет мякиша ржаного хлеба в отдельные годы был чуть темнее стандарта вследствие ферментативной активности полифенолоксидазы, инициирующей окисление тирозина. Результаты корреляционного анализа показали положительную связь между объемным выходом хлеба и качеством мякиша ($r = 0,64^*$), что подтверждает пробная лабораторная выпечка.

2. Биохимические и технологические показатели качества зерна сортов озимой ржи (2015–2017 гг.)

2. Biochemical and technological indicators of the quality of winter rye grain (2015–2017)

Сорт	Содержание белка, %	Число падения, с	Высота амиллограмм, ед. а.	Содержание водораствор. пентозанов, %	Натура, г/л	V хлеба, см ³	Качество мякиша, балл
2015 г.							
Безенчукская 87	12,2	128	400	2,43	696	485	3,9
Антарес	11,6	207	550	2,34	694	425	3,9
Роксана	12,0	166	440	2,62	663	435	4,1
Безенчукская 110	12,2	152	450	2,48	695	420	3,9
2016 г.							
Безенчукская 87	11,2	270	780	2,46	756	515	4,4
Антарес	10,0	368	980	2,55	734	505	4,2
Роксана	10,3	331	820	2,74	705	575	4,4
Безенчукская 110	11,5	322	1000	2,60	729	470	4,1
2017 г.							
Безенчукская 87	10,5	241	660	2,51	742	495	4,1
Антарес	9,9	234	680	2,48	737	505	3,9
Роксана	10,3	200	580	2,90	724	490	3,9
Безенчукская 110	11,0	282	780	2,65	730	485	4,2
Козф. вариации, C _{vf}	7,7	31,2	29,8	5,9	3,7	8,9	4,7

Белки являются наиболее важной составляющей зерна, хотя большую его часть занимают углеводы. Ржаные белки в основном растворимы в солевых и водных растворах и клейковины не образуют, но они более ценные по аминокислотному составу и богаче дефицитным лизином (Бушук, Кэмбелл, Дреус, 1980) по сравнению с белками пшеницы. Свойство ржаных белков набухать в водном растворе и образовывать очень вязкие коллоидные образования при выпечке хлебных изделий служит каркасом для пористой структуры. Поэтому важным фактором является высокое содержание белка в сортах озимой ржи хлебопекарного назначения. За годы исследований максимальное количество белка в зерне (12,2%) сформировали сорта озимой ржи Безенчукская 87 и Безенчукская 110

в 2015 г.; минимальное (9,9%) – сорт Антарес в 2017 г. (табл. 2). Повышение урожайности в 2017 г. при благоприятных погодных условиях (достаточная обеспеченность растений влагой, невысокая температура) и без улучшения азотного питания отрицательно повлияло на накопление белка и явилось причиной снижения его ниже уровня средних значений за годы исследований. Установлена отрицательная корреляционная зависимость содержания белка в зерне с числом падения ($r = -0,64^*$), а также с объемным выходом хлеба ($r = -0,69^*$).

Особое положение занимают водорастворимые пентозаны, которые увеличивают вязкость за счет взаимодействия с белками во время образования теста. Исследования последних лет показывают по-

ложительное влияние растворимых некрахмальных полисахаридов на хлебопекарные достоинства ржи, а именно на структуру и физические и реологические свойства теста (Henry, 1985; Rakowska, 1996). Рядом авторов отмечено (Гончаренко, 2016; Исмагилов, 2012), что с уменьшением размера зерна повышаются масса водорастворимых пентозанов, вязкость водного экстракта и появляется возможность ведения селекционной работы для получения сортов целевого назначения. Проведенные нами исследования показали незначительные колебания содержания в зерне водорастворимых пентозанов в зависимости как от условий года, так и от генотипа сорта (2,34–2,90%). Наибольшие показатели данного параметра наблюдались у сортов озимой ржи Роксана (2,9%) и Безенчукская 110 (2,65%) в 2017 г. Такая закономерность по сортам наблюдалась во все годы исследований. Наименьшее значение водорастворимых пентозанов зафиксировано в 2015 г. у сорта озимой ржи Антарес. При оценке коэффициентов вариации было установлено, что содержание некрахмальных полисахаридов под влиянием фенотипических факторов характеризуется слабой изменчивостью $C_{vf} = 5,9\%$.

Как ранее было уже отмечено, ряд авторов указывает на тесную обратную связь массы 1000 зерен и водорастворимых пентозанов. Анализ наших данных указывает на незначительную связь между данными признаками за годы исследований, однако в условиях 2016 г. наблюдалась тесная корреляцион-

ная связь между массой зерна и содержанием водорастворимых пентозанов ($r = -0,99^*$). В 2015 и 2017 гг. связь отсутствовала. Таким образом, в нашем случае, учитывая коэффициенты корреляции, содержание водорастворимых пентозанов можно объяснить не только зависимостью от массы 1000 зерен, но и влиянием других факторов. Изучаемый признак при проведении корреляционного анализа не был достоверной связан ни с одним показателем качества, отвечающим за хлебопекарные достоинства озимой ржи.

Выводы. По результатам конкурсного испытания озимой ржи выделены сорта, различающиеся по урожайности, элементам продуктивности и качеству зерна, имеющие различную норму реакции на изменяющиеся условия среды. За годы исследований сорт озимой ржи Безенчукская 110 по реакции на условия среды отличался стабильностью и пластичностью (коэффициент регрессии – 0,88) и по урожайности зерна достоверно превысил стандарт (50,3 ц/га) на 2,1 ц/га. Лучшую хлебопекарную оценку в 2015–2016 гг. показали сорта Безенчукская 87 и Роксана – максимальный объем хлеба 515–575 см³. В 2016 г. более высокие биохимические показатели (число падения – 282 с; высота амилограммы – 780 ед. а.) и хлебопекарное качество (общая хлебопекарная оценка – 4,2 балла) продемонстрировал сорт Безенчукская 110. В условиях Среднего Поволжья необходимо вести селекцию сортов озимой ржи продовольственного назначения, используя оценки технологических и хлебопекарных свойств.

Библиографические ссылки

1. Hashimoto S., Shogren M. D., Pomeranz Y. Cereal pentosans Their emulsin and significance. I. Pentosans in wheat and milled wheat products. *Cereal Chem.* 1987. Vol. 64. P. 30.
2. Henry R. J. A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains // *J. Sci. Food and Agris.* 1985. Vol. 36, no. 12. Pp. 1243–1253.
3. Rakowska M. The nutritive quality of rye // *Vortr. Pflanzenzucht.* 1996. Vol. 35. Pp. 85–95.
4. Бебякин В. М., Кулеватова Т. Б., Великанова Н. М. Оценка пластичности и стабильности сортов озимой ржи по показателям углеводно-амилазного комплекса зерна // *Сельскохозяйственная биология.* 2006. № 3. С. 43–47.
5. Беркутова Н. С. Методы оценки и формирования зерна. М.: Росагропромиздат, 1991. 206 с.
6. Бушук В., Кэмпбелл У. П., Древис Э. М. Рожь: производство, химия, технология. М., 1980. 247 с.
7. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М., 2014. 369 с.
8. Гончаренко А. А. Новые направления в селекции озимой ржи на целевое использование // *Зернобобовые и крупяные культуры.* 2016. № 2(18). С. 25–31.
9. Гончаренко А. А., Исмагилов Р. Р., Беркутова Н. С., Ванюшина Т. Н., Аюпов Д. С. Оценка хлебопекарных качеств зерна озимой ржи по вязкости водного экстракта // *Доклады РАХН.* 2005. № 1. С. 6–9.
10. Исмагилов Р. Р. Изменчивость содержания водорастворимых пентозанов в зерне озимой ржи // *Достижения науки и техники АПК.* 2012. № 6. С. 35–36.

References

1. Hashimoto S., Shogren M. D., Pomeranz Y. Cereal pentosans Their emulsin and significance. I. Pentosans in wheat and milled wheat products. *Cereal Chem.* 1987. Vol. 64. P. 30.
2. Henry R. J. A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains // *J. Sci. Food and Agris.* 1985. Vol. 36, no. 12. Pp. 1243–1253.
3. Rakowska M. The nutritive quality of rye // *Vortr. Pflanzenzucht.* 1996. Vol. 35. Pp. 85–95.
4. Bebyakin V. M., Kulevatova T. B., Velikanova N. M. Ocenka plastichnosti i stabil'nosti sortov ozimoy rzhi po pokazatelyam uglevodno-amilaznogo kompleksa zerna [Evaluation of plasticity and stability of winter rye varieties in terms of the carbohydrate-amylase complex of grain] // *Sel'skhozhozyajstvennaya biologiya.* 2006. № 3. S. 43–47.
5. Berkutova N. S. Metody ocenki i formirovaniya zerna [Methods for assessing and forming grain]. M.: Rosagropromizdat, 1991. 206 s.
6. Bushuk V., Kehmpbell U. P., Drevis E. M. Rozh': proizvodstvo, himiya, tekhnologiya [Rye: production, chemistry, technology]. M., 1980. 247 s.
7. Goncharenko A. A. Aktual'nye voprosy selekcii ozimoy rzhi [Current issues of winter rye breeding]. M., 2014. 369 s.
8. Goncharenko A. A. Novye napravleniya v selekcii ozimoy rzhi na celevoe ispol'zovanie [New directions in the winter rye breeding for the intended use] // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury.* 2016. № 2(18). S. 25–31.
9. Goncharenko A. A., Ismagilov R. R., Berkutova N. S., Vanyushina T. N., Ayupov D. S. Ocenka hlebopekarnykh kachestv zerna ozimoy rzhi po vyazkosti vodnogo ehkstrakta [Estimation of the baking qualities of winter rye grain by the viscosity of water extract] // *Doklady RASKHN.* 2005. № 1. S. 6–9.
10. Ismagilov R. R. Izmenchivost' soderzhaniya vodorastvorimyyh pentozaanov v zerne ozimoy rzhi [Variability of the content of water-soluble pentosans in winter rye grain] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 2012. № 6. S. 35–36.

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.