



Ретроспективный анализ адаптивных свойств сортов ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка»

© 2021. А. М. Ерошенко✉, М. М. Ромахин, А. Н. Ерошенко, Н. А. Ерошенко, И. А. Дедушев, В. В. Ромахина, М. А. Болдырев
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», г. Одинцово, р.п. Новоивановское, Московская область, Российская Федерация

Представлены шестилетние (2015–2020 гг.) результаты изучения 19 сортов ярового ячменя селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка», относящихся к различным периодам сортосмены. Целью исследования была комплексная оценка урожайности, адаптивных особенностей и других хозяйственно ценных признаков и свойств сортов ярового ячменя для установления основных тенденций изменения их характеристик в ходе многолетней селекционной работы в условиях Центрального Нечерноземья. Благодаря высокой потенциальной продуктивности, проявившейся в оптимальных для ячменя условиях, и способности противостоять снижению продуктивности при неблагоприятной погоде лучшими по средней урожайности были признаны высокоинтенсивные сорта ячменя, районированные за последние двадцать лет. Максимальная средняя урожайность этих групп составляла 8,17 т/га, а минимальная – 3,05 т/га, что соответственно на 19,3 и 10,5 % было выше среднесортowych значений предшествующих периодов селекции. Ретроспективный анализ определил направление селекционных сдвигов адаптивных свойств и элементов продуктивности, связанных с повышением хозяйственной и биологической ценности сортов в процессе селекционного совершенствования. Судя по средним значениям показателей пластичности ($V=35,4\%$; $b_i=1,13$; $\sigma=2,12$), сорта новейших этапов селекции на 18,8; 36,1 и 37,7 % в большей степени реагировали на улучшение условий среды в сравнении с сортами прошлого столетия. Относительная средняя величина коэффициента адаптивности, превышающая единицу ($KA=1,02-1,19$), указывала на более сильную реакцию современных сортов противостоять действию факторов, снижающих их потенциальную продуктивность. С ростом урожайности и повышением адаптивности изменялась архитектура растений ячменя, повышалась устойчивость к полеганию и поражению гельминтоспориозом. Отмечена тенденция повышения важнейшего элемента структуры урожая «число продуктивных колосьев на 1 м²» и понижения показателя «масса 1000 зерен». Информация, полученная на основании комплексной оценки сортов по хозяйственным и биологическим показателям, дает возможность определить пути селекционного улучшения культуры.

Ключевые слова: ячмень яровой, сорт, урожайность, адаптивность, устойчивость, сортосмена

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (тема № 0608-2019-0011).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко А. Н., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Ромахина В. В., Болдырев М. А. Ретроспективный анализ адаптивных свойств сортов ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка». Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(4):485–494. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.485-494>

Поступила: 22.03.2021

Принята к публикации: 29.06.2021

Опубликована онлайн: 26.08.2021

Retrospective analysis of adaptive properties of barley varieties bred by FRC «Nemchinovka»

© 2021. Lyubov M. Eroshenko✉, Maksim M. Romakhin, Anatoly N. Eroshenko, Nikolai A. Eroshenko, Ivan A. Dedushev, Victoria V. Romakhina, Mikhail A. Boldyrev

Federal Research Center «Nemchinovka», Odintsovo, Novoivanovskoe, Moscow Region, Russian Federation

The article presents the results of six-year studies (2015–2020) of 19 varieties of spring barley belonging to different periods of variety changing bred by FRC «Nemchinovka». The research was aimed at comprehensive assessment of yield, adaptive features and other agronomic characters and properties of spring barley for determining the main tendencies of changing their properties during many years of breeding work in the conditions of the Central Non-Chernozem Zone. Due to high potential productivity, which was demonstrated in optimal conditions for barley and the ability of the crop to resist yield reduction during bad weather conditions, the high-intense barley varieties zoned during last 20 years, proved to be the best according to average yield indicators. Maximum average yield in these groups was 8.17 t/h, minimum one was 3.05 t/h that was higher than average yield among varieties in previous periods of breeding work by 19.3 % and 10.5 %, respectively. The retrospective analysis determined the direction of breeding shifts in adaptive properties and productivity elements associated with an increase in the economic and biological value of barley varieties in the process of selective breeding improvement. Judging by the average plasticity indices ($V=35.4\%$; $b_i=1.13$; $\sigma=2.12$) the varieties of the latest stages of breeding work were 18.8; 36.1 and 37.7 % more responsive to improving environmental conditions as compared to the varieties of the last century. The relative average value of the adaptability coefficient exceeding unity ($KA=1.02-1.19$) indicated a stronger reac-

tion of modern barley varieties to resist the action of factors that reduce their potential productivity. With yield growth and increase in adaptability, the architectonics of barley plants was changing and resistance to lodging and helminthosporiosis raised. There has been established a tendency to increase the most important element of the crop structure "the number of productive ears per 1 m²" and to decrease the indicator "weight of 1000 grains". The information obtained on the basis of a comprehensive assessment of varieties by economic and biological indicators makes it possible to determine the ways of selective breeding improvement of the crop.

Keywords: spring barley, variety, yield, adaptability, resistance, variety changing

Acknowledgment: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Research Center «Nemchinovka» (theme No. 0608-2019-0011).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko A. N., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Romakhina V. V., Boldyrev M. A. Retrospective analysis of adaptive properties of barley varieties bred by FRC «Nemchinovka». *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(4): 485-494. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.485-494>

Received: 22.03.2021

Accepted for publication: 29.06.2021

Published online: 26.08.2021

Мировой опыт свидетельствует, что последовательный рост урожайности возделываемых сортов базируется на прогрессивных технологиях выращивания и достижениях селекции [1, 2]. Путем применения различных удобрений и средств защиты от вредителей и болезней можно значительно повысить урожайность и качество зерна ярового ячменя [3]. Но только сорт, по мнению А. А. Жученко, определяет основные требования к технологиям: уровень продуктивности, энергоэкономичность, экологически безопасное качество и природоохранность [4].

Реализация потенциальной возможности сорта, несмотря на важность агротехнических приемов, в большой мере ограничена природно-климатическими ресурсами зоны возделывания ячменя [5, 6, 7]. В связи с устойчивыми тенденциями погодных трансформаций при усилении климатической изменчивости урожайности сортов, односторонняя направленность технологий возделывания на получение максимального количества продукции за счет повышения норм вносимых удобрений и применения химических средств защиты является не только экологически небезопасной, но и ресурсозатратной [8, 9, 10]. Наиболее эффективным, дешевым и экологически оправданным способом увеличения валового сбора зерна ячменя в изменяющихся климатических условиях региона является сортосмена [11]. В соответствии с агроклиматическими условиями и уровнем развития производительных сил, она обеспечивает производство сортами, обладающими определенным уровнем хозяйственно важных признаков, дающих возможность реализовывать их генетический потенциал [12].

Освоение инновационных технологий, ориентированных на переход к адаптивной

интенсификации растениеводства, предусматривает использование агроэкологических специализированных сортов, сочетающих высокую урожайность с устойчивостью к стресс-факторам [13, 14, 15].

Многолетняя работа по селекционному совершенствованию сортов ячменя в ФИЦ «Немчиновка» условно разбита на пять периодов сортосмены, каждый из которых характеризовался созданием более продуктивных сортов, пригодных для возделывания в различных по интенсивности агротехнологиях.

Первый этап, начатый с включения в 1945 г. селекции ярового ячменя в тематический план Немчиновского научного центра, ознаменовался созданием и районированием в 1964 г. сорта ячменя Московский 121, который отличался устойчивостью к кислотности почв и пыльной головне. Сорт экстенсивного типа. Несмотря на склонность к полеганию на среднем и высоком агрофонах, в производственных посевах ячменя он занимал доминирующее положение до конца 70-х годов. Внедрение в сельскохозяйственное производство более совершенных технологий возделывания сориентировало работу селекционных центров прежде всего на повышение устойчивости к полеганию. В 80-е годы (второй период) были созданы и освоены в производстве устойчивые к полеганию сорта полунтенсивного типа Московский 2 и Московский 3.

С созданием в 90-е годы XX века сортов Риск, Биос 1, Выбор, Эльф, Суздалец, Раушан (третий период) почти полностью решена проблема полегания посевов ярового ячменя и высокой эффективности применения повышенных доз минерального питания.

Усиление влияния абиотических стрессов в XXI веке, оказывающих значительное

влияние на урожайность ячменя, а также внедрение ресурсосберегательных технологий возделывания предусматривало создание высокоурожайных форм, характеризующихся стабильностью основных элементов продуктивности [16]. В связи с этим были значительно расширены работы по экологической селекции ячменя, и наступил новый этап в работе с этой культурой (четвертый и пятый периоды). За временной промежуток с 2001 по 2010 год созданы новые высокоинтенсивные сорта ячменя с минимальной ответной реакцией на неблагоприятные био- и абиотические факторы среды: МИК 1, Вулкан, Нур, Прометей, Владимир. Из этой группы сортов особым спросом на рынке семян у российских товаропроизводителей пользуются сорта с потенциалом продуктивности более 8 т/га – Нур и Владимир.

В процессе разработки эволюционно-генетической концепции селекции ячменя было установлено, что проблема повышения урожайности и адаптивности культуры тесно связана с необходимостью существенных изменений в ее морфофизиологической конституции. Для новейших сортов Московский 86, Яромир, Надежный, Златояр и Знатный характерен морфотип, отличающийся высокой стеблеобразующей способностью и устойчивостью к полеганию, а также стабильностью проявления показателей продуктивности и других количественных признаков при любых погодных условиях [17].

Ретроспективный анализ, как метод, позволил выявить направления селекционных сдвигов адаптивных особенностей сортов ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка» с учетом повышения уровня развития сельскохозяйственного производства и усиления влияния климатических факторов на формирование урожайности сельскохозяйственных культур, результаты которого могут быть использованы для обоснования совершенно новой модели сорта ярового ячменя.

Цель исследования – дать комплексную оценку сортам ярового ячменя различных этапов селекции по урожайности, параметрам адаптивности и другим хозяйственно ценным признакам и установить тенденции изменения их характеристик в ходе многолетней селек-

ционной работы в условиях Центрального Нечерноземья.

Материал и методы. Исследования проводили в 2015-2020 гг. на опытных полях ФИЦ «Немчиновка». Материалом послужили 19 сортов ярового ячменя местной селекции, выведенных и рекомендованных для использования в разные периоды сортосмены: Московский 121, Московский 2, Московский 3, Риск, Биос 1, Выбор, Эльф, Суздавец, Раушан, МИК 1, Вулкан, Нур, Владимир, Прометей, Московский 86, Яромир, Надежный, Знатный, Златояр. Изучение сортов ярового ячменя по морфологическим и хозяйственным признакам проведено согласно Международному классификатору СЭВ рода *Hordeum*¹. Коэффициент регрессии (b_i) и среднее квадратичное отклонение от линии регрессии (S_d^2) определены по методике S. A. Eberhart, W. A. Russel². Коэффициент адаптивности (КА) оценен по методике, предложенной А. В. Животковым с соавт.³, показатель уровня и стабильности сорта (ПУСС) – по Э. Д. Неттевичу⁴. Экспериментальные данные обработаны методом вариационного и корреляционного анализа по методике Б. А. Доспехова⁵ с использованием программы Excel.

Погодные условия в годы проведения исследований заметно отличались от средне-многолетних данных по выпадению осадков и среднемесячной температуре воздуха. Согласно гидротермическому коэффициенту (ГТК), вегетационный период 2016 г. в пунктах испытания характеризовался как относительно влажный (ГТК = 1,63-1,71). Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2017 и 2020 гг. были избыточно влажными (ГТК = 2,13...2,34), 2018 и 2019 гг. – относительно сухими (ГТК = 1,02...1,24).

Результаты и их обсуждение. На фоне контрастных погодных условий в годы испытания (2015-2020 гг.) средняя урожайность сортов различных этапов селекции по опыту составила 5,59 т/га. Средние значения зерновой продуктивности первых трех периодов сортосмены находились на уровне 5,23 т/га, двух последующих – на уровне 5,91 т/га (табл. 1).

¹Международный классификатор СЭВ (рода *Hordeum* L.). Л., 1983. 55 с.

²Eberhart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop sci. 1966;1(6):36-40.

³Животков Л. А., Морозова З. Н., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3-6.

⁴Неттевич Э. Д. Влияние условий возделывания и продолжительности изучения на результаты оценки сорта по урожайности. Вестник РАСХН. 2001;(3):34-38.

⁵Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 360 с.

Таблица 1 – Урожайность сортов ярового ячменя разных периодов селекции, т/га (2015-2020 гг.) /
 Table 1 – Yield of spring barley varieties of different breeding periods, t/ha (2015-2020)

Этап селекции / Breeding stage	Сорт / Variety	Год райони- рования / Year of zoning	Урожайность / Yield		
			$\bar{x}$	max	min
I	Московский 121 / Moscovsky 121	1964	5,16	6,47	2,71
II	Московский 2 / Moscovsky 2	1984	5,15	7,04	3,07
	Московский 3 / Moscovsky 3	1986	5,40	6,45	3,11
	Среднее / Average	-	5,28	6,74	3,09
III	Риск / Risk	1991	4,94	7,27	2,71
	Биос 1 / Bios 1	1993	5,70	7,39	2,66
	Выбор / Vybor	1994	5,22	6,67	2,11
	Эльф / Elf	1997	5,04	6,18	2,32
	Суздалец / Suzdalets	1998	5,36	6,91	3,09
	Раушан / Raushan	1998	5,08	7,30	2,82
	Среднее / Average	-	5,22	6,95	2,62
IV	МИК 1 / MIK 1	2002	5,72	7,48	2,85
	Вулкан / Vulkan	2002	5,06	7,36	2,00
	Нур / Nur	2002	5,97	8,47	3,57
	Владимир / Vladimir	2007	5,87	8,50	3,07
	Прометей / Prometey	2009	5,52	7,27	3,11
	Среднее / Average	-	5,63	7,27	2,92
V	Московский 86 / Moskovsky 86	2011	6,03	8,41	3,16
	Яромир / Yaromir	2013	6,09	8,25	3,32
	Надежный / Nadezhny	2017	6,68	8,84	3,34
	Знатный / Znatny	2020	6,05	8,50	3,02
	Златояр / Zlatoyar	2020	6,11	8,60	3,04
	Среднее / Average	-	6,19	8,52	3,18
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		-	0,30	0,48	0,34

Наибольшее среднее значение урожайности отмечено у группы сортов новейшего поколения (6,19 т/га). Сорта четвертого селекционного этапа уступали им по урожайности на 0,57 т/га, но на 0,41 т/га превосходили сорта третьего периода сортосмены. По сравнению с сортом Московский 121 при оптимальном гидротермическом режиме средняя прибавка сортов второго и третьего этапов районирования составляла 0,27 и 0,48 т/га. Благодаря целенаправленной селекционной работе значительно повышен уровень генетического потенциала сортов четвертого и пятого поколений. Так, в оптимальных для ячменя условиях максимальная урожайность сортов этих групп в среднем составляла 8,17 т/га, что было на 19,3 % выше среднесортных значений первых трех этапов селекции.

В неблагоприятные по влагообеспеченности годы средняя урожайность изучаемых сортов варьировала от 2,00 до 3,57 т/га. В этих

условиях среднее значение минимальной продуктивности сортов, допущенных к использованию за два последних десятилетия, составляло 3,05 т/га, что на 10,5 % превышало средние значения сортов предшествующих периодов. В динамике сортосмены наблюдалась тенденция повышения показателей средней, максимальной и минимальной урожайности сортов ячменя, что свидетельствует о повышении адаптивного потенциала новых сортов в сравнении с сортами более ранних периодов сортосмены.

Для более полной и объективной оценки адаптивных свойств изучаемых сортов рассчитан ряд статистических показателей, применяемых для характеристики и сравнения генотипов (табл. 2).

К показателям пластичности, характеризующим способность генотипов отзываться на изменение условий выращивания повышением продуктивности, можно отнести: коэффициент вариации (V, %), коэффициент

линейной регрессии (b_i) и среднее квадратичное отклонение (σ). В наших исследованиях теснота связи между ними характеризовалась высокими значениями коэффициента корреляции ($r = 0,867...0,969$). Судя по средним

значениям этих показателей ($V = 35,4\%$; $b_i = 1,13$; $\sigma = 2,12$), сорта двух последних этапов селекции в сравнении с сортами прошлого столетия на 18,8; 36,1 и 37,7 % сильнее реагировали на улучшение условий среды.

Таблица 2 – Параметры пластичности, адаптивной способности и стабильности сортов ярового ячменя, относящихся к различным периодам сортосмены (2015-2020 гг.) /

Table 2 – Parameters of plasticity, adaptive capacity and stability of spring barley varieties belonging to different periods of variety changing (2015-2020)

<i>Copt / Variety</i>	<i>Год районирования / Year of zoning</i>	<i>V, %</i>	<i>b_i</i>	<i>σ</i>	<i>KA</i>	<i>S_d²</i>	<i>ПУСС, %</i>
Московский 121 / Moscovsky 121	1964	27,2	0,75	1,40	0,90	0,26	100,0
Московский 2 / Moscovsky 2	1984	30,4	0,81	1,57	0,93	0,18	88,8
Московский 3 / Moscovsky 3	1986	27,0	0,83	1,45	0,98	0,05	110,2
Риск / Risk	1991	28,4	0,73	1,62	0,90	1,21	113,3
Биос 1 / Bios 1	1993	30,1	0,91	1,72	0,98	0,48	110,2
Выбор / Vybor	1994	34,0	0,91	1,77	0,91	0,58	81,6
Эльф / Elf	1997	29,8	0,81	1,51	0,89	0,31	86,7
Суздалец / Suzdalets	1998	28,4	0,86	1,52	0,97	0,03	103,1
Раушан / Raushan	1998	33,3	0,85	1,69	0,91	0,78	76,6
МИК 1 / MIK 1	2002	32,6	1,02	1,86	1,02	0,34	102,0
Вулкан / Vulkan	2002	37,8	1,05	1,91	0,89	0,36	69,4
Нур / Nur	2002	29,5	1,06	2,06	1,07	0,93	105,1
Владимир / Vladimir	2007	38,2	1,20	2,24	1,04	0,80	91,8
Прометей / Prometey	2009	34,2	1,02	1,89	0,99	0,53	90,8
Московский 86 / Moskovsky 86	2011	38,4	1,20	2,32	1,06	1,17	96,8
Яромир / Yaromir	2013	35,8	1,18	2,18	1,08	0,64	106,1
Надёжный / Nadezhny	2017	34,3	1,24	2,30	1,19	0,80	132,6
Знатный / Znatny	2020	35,4	1,11	2,14	1,08	1,05	105,1
Златояр / Zlatoyar	2020	37,7	1,25	2,30	1,08	0,53	101,0
Среднее / Average	-	33,05	0,99	1,87	1,00	0,58	100,31
Относительная ошибка средней / The relative error of the average		0,86	0,04	0,07	0,02	0,08	2,87

Примечания: V, % – коэффициент вариации; b_i – коэффициент линейной регрессии; σ – среднее квадратичное отклонение; KA – коэффициент адаптивности; S_d^2 – среднее квадратичное отклонение от линии регрессии; ПУСС, % – показатель уровня и стабильности сорта / Notes: V, % – variation coefficient; b_i – regression coefficient; σ – standard deviation; KA – adaptability coefficient; S_d^2 – standard deviation from regression line; PUSS, % – stability level of variety.

Величина коэффициента адаптивности ($KA = 1,02-1,19$), определяющая способность устойчиво формировать относительно других сортов более высокую урожайность в различных условиях вегетации, указывала на положительную реакцию современных сортов противостоять действию факторов, снижающих их потенциальную продуктивность. Наиболее продуктивными и адаптированными к условиям Центрального Нечерноземья были новейшие сорта пятого этапа сортосмены: Яромир, Знатный, Златояр, Надёжный ($KA = 1,08-1,19$).

Дисперсия отклонения от линии регрессии (S_d^2), характеризующая стабильность урожайности сортов в различных условиях среды, отличалась значительной изменчивостью. При среднем значении величины данного показателя 0,58, колебание признака находилось в пределах от 0,03 у среднеспелого сорта Суздалец до 1,21 у скороспелого сорта Риск. Согласно расчетам дисперсии стабильности, к формам, наиболее приспособленным к местным условиям, можно отнести старые сорта, созданные в прошлом столетии ($S_d^2 = 0,43$).

Более низкая фенотипическая стабильность, обусловленная нормой реакции генотипа, характерна для групп сортов четвертого и пятого этапов селекции ($S_d^2 = 0,59-0,84$).

Повышенные значения показателя уровня урожайности и стабильности сорта, характеризующего баланс продуктивности и стабильности относительно ячменя Московский 121, выявлены у группы сортов пятого селекционного этапа (ПУСС = 108,3 %), пониженные – у сортов четвертого периода сортосмены (ПУСС = 91,8 %).

Сопоставляя многолетние данные по элементам продуктивности (2015-2020 гг.), можно отметить ярко выраженную тенденцию повышения стеблеобразующей способности сортов. По слабой степени варьирования важ-

нейшего элемента структуры урожая «число продуктивных колосьев на 1 м²» ($V = 19,7$ %) и значительной положительной сопряженности его с урожайностью и параметрами пластичности ($r = 0,65...0,84$) можно сделать вывод, что этот показатель имеет высокую адаптационную ценность. Отсутствие существенных различий между группами сортов по этому признаку ($t_f < t_r$) ни в коей мере не умаляет роли уровня продуктивного стеблестоя в повышении хозяйственной ценности вновь создаваемых сортов.

Более высокая плотность стояния растений на единице площади отмечена у сортов пятого поколения селекции, наибольшая – у сортов Московский 86 (662,2 шт/м²) и Надежный (761,2 шт/м²) (табл. 3).

Таблица 3 – Морфо-биологические особенности сортов ярового ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка» (2015-2020 гг.) /
 Table 3 – Morpho-biological features of spring barley varieties bred by Federal Research Center "Nemchinovka" (2015-2020)

Сорт / Variety	Количество продуктивных стеблей / Number of productive stems		Масса 1000 зерен / The weight of 1000 grains		Высота растений / Plant height		Устойчивость к полеганию / Resistance to lodging		Устойчивость к гельминтоспориозу / Resistance to helminthosporiose	
	шт/м ² / pcs/m ²	V, %	г / g	V, %	см / cm	V, %	балл / point	V, %	балл / point	V, %
Московский 121 / Moskovsky 121	526,8	19,7	50,2	4,4	80,8	20,3	3,7	92,1	5,8	44,2
Московский 2 / Moskovsky 2	525,7	22,4	53,2	5,2	81,3	20,1	5,8	43,9	5,7	38,1
Московский 3 / Moskovsky 3	549,7	22,9	52,7	4,6	77,5	17,7	7,0	27,1	5,8	33,3
Риск / Risk	528,5	23,0	51,2	8,7	73,7	17,8	6,8	32,4	6,3	42,0
Биос 1 / Bios 1	590,8	20,0	55,3	5,1	74,3	26,3	6,7	31,0	5,5	45,6
Выбор / Vybor	409,2	18,9	47,8	4,8	73,2	31,2	6,3	48,6	5,2	43,1
Эльф / Elf	542,7	14,3	56,7	9,6	72,8	26,5	6,2	41,0	4,8	40,2
Суздалец / Suzdalets	597,8	17,6	50,3	4,7	76,2	25,2	6,8	29,9	5,0	38,0
Раушан / Raushan	565,3	16,3	50,3	5,1	75,5	21,4	6,3	43,1	5,3	30,6
МИК 1 / MIK 1	578,7	15,9	50,2	6,0	74,8	15,8	6,8	29,9	4,8	33,2
Вулкан / Vulkan	526,8	23,9	48,2	5,0	73,7	26,4	6,7	43,1	5,8	22,8
Нур / Nur	588,7	19,0	50,2	4,9	72,3	26,3	8,7	6,0	5,0	21,9
Владимир / Vladimir	592,8	20,9	50,7	4,1	72,8	18,1	7,2	31,1	5,7	28,8
Прометей / Prometey	576,7	17,4	50,5	6,4	72,5	27,9	7,5	26,3	5,2	37,6
Московский 86 / Moskovsky 86	662,2	18,2	49,5	4,0	69,3	19,6	7,8	15,0	5,8	29,5
Яромир / Yaromir	611,3	19,5	49,7	4,4	66,0	17,8	8,8	4,6	6,0	21,1
Надежный / Nadezhny	761,2	21,5	46,7	4,7	63,8	17,2	8,8	4,6	6,5	21,2
Знатный / Znatny	636,3	21,9	47,8	4,6	67,8	15,6	8,7	9,4	6,2	21,2
Златояр / Zlatoyar	606,5	21,6	51,2	4,4	72,8	17,5	8,5	9,8	5,9	24,2
Среднее / Average	577,8	19,73	50,64	5,3	72,22	21,5	7,11	29,9	5,59	32,4
Относительная ошибка средней / The relative error of the average	15,61	0,61	0,57	0,33	1,01	1,02	0,29	4,78	0,11	1,98

По мере роста густоты продуктивного стеблестоя у сортов наблюдалась тенденция снижения крупности зерна. По показателю «масса 1000 зерен» новейшие сорта на 1,0-2,9 г уступали сортам более ранних периодов селекции, но выгодно отличались более низкой вариабельностью признака ($V = 4,0-4,7 \%$), что может указывать на улучшение их стрессоустойчивости [18].

Обозначен градиент повышения устойчивости к полеганию в зависимости от высоты растений. При анализе данных следует отметить, что в годы, когда наблюдалось полегание посевов ячменя, выявлена существенная отрицательная зависимость между высотой растений и устойчивостью к полеганию ($r = -0,59 \dots -0,69$). Согласно значениям коэффициентов регрессии ($b_{yx} = -0,13 \dots -0,32$), уменьшение высоты в среднем на 5 см увеличивало устойчивость сортов к полеганию на 0,65-1,60 балла. Наибольшее превышение, равное двум баллам, по признаку «устойчивость» проявилось у новейших сортов над сортами третьего периода. Самыми низкорослыми оказались сорта последнего этапа селекции. Высота короткостебельных генотипов в среднем составляла 67,9 см. Изменение величины этого элемента в сторону уменьшения относительно сортов предыдущих этапов селекции на 7,2 см доказана на уровне значимости 0,05.

Наблюдения показали, что рост урожайности в процессе селекции сопровождался повышением иммунитета к возбудителям гельминтоспориозной пятнистости ячменя. Более низкое среднее значение устойчивости к гельминтоспориозу (5,3-5,4 балла) отмечено

у сортов третьего и четвертого периодов, более высокое (6,1 балла) – у сортов пятого этапа селекции. Преимущество новейших сортов над сортами прошлых лет селекции отмечалось не только по уровню, но по степени изменчивости показателя невосприимчивости к этой болезни на 5,4-20,8 %, что еще раз подтверждает их высокую адаптационную ценность по этому признаку.

Выводы. На основании многолетних данных, можно утверждать, что итогом селекционной работы явилось повышение уровня урожайности новейших сортов ярового ячменя интенсивного типа как в оптимальные, так и неблагоприятные годы. Результаты сравнения адаптивной реакции выявили их преимущество над сортами более ранних периодов селекции по параметрам пластичности, коэффициенту адаптивности и показателю уровня урожайности и стабильности сорта.

Предпосылкой успеха при создании современных селекционных форм явилась целенаправленная работа по увеличению густоты продуктивного стеблестоя – основного элемента в формировании высокой продуктивности ячменя, а также повышенная устойчивость к полеганию за счет снижения высоты растений. Толерантность к гельминтоспориозным пятнистостям, наиболее агрессивным листовым болезням ячменя – важнейший фактор улучшения их адаптивного потенциала.

Имея преимущество по комплексу хозяйственно ценных признаков, современные сорта уступали старым по массе 1000 зерен. Повышение этого показателя – резерв дальнейшего совершенствования новых сортов.

Список литературы

1. Якушев В. П., Михайленко И. М., Драгавцев В. А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России. Сельскохозяйственная биология. 2015;50(5):550-560. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24846604>
2. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур. Сельскохозяйственная биология. 2016;50(5):517-626. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27298379>
3. Никифоров В. М., Никифоров М. И., Мамеев В. В. Урожайность и качество зерна сортов ячменя в интенсивных технологиях возделывания. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2019;(6 (76)):8-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41466919>
4. Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Кишинев: Штиинца, 1990. 432 с.
5. Бишарев А. А., Шевченко С. Н., Мадякин Е. В., Калякулина И. А., Дюльдина М. А., Дворцова Т. В. Влияние агрометеорологических условий на урожайность зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018;20(2-4(82)):667-670. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37313255>
6. Постников П. А. Воздействие предшественников и метеорологических условий на урожайность ярового ячменя. Вестник КрасГАУ. 2018;(4):48-53. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35423839>

7. Байкалова Л. П., Серебрянников Ю. И. Роль сорта в повышении урожайности ячменя в условиях лесостепи Красноярского края. Вестник КрасГАУ. 2016;(7):167-172.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26273331>
8. Кошелев Б. С., Бушухина Л. Л. Экономическая эффективность использования интенсивных технологий выращивания зерновых культур в 80-х годах XX века в Западной Сибири. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017;(2 (26)):139-146.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29344988>
9. Андреев М. И., Марьина-Черных О. Г. Влияние интенсивных систем земледелия на почвенную биоту. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017;3(4(12)):11-15. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32321194>
10. Bingham I. J., Karley A. J., White P. J., Thomas W. T. B., Russell J. R. Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of springs barley breeding. European Journal of Agronomy. 2012;42:49-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.10.003>
11. Филенко Г. А., Фирсова Т. И. Семеноводство ячменя в Ростовской области. Аграрная наука Северо-Востока. 2015;(4):16-21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23857047>
12. Попова Е. Н., Музафаров Н. М. Агроэкологическая оценка возделывания яровых зерновых культур в Левобережной Лесостепи Украины. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(3):115-119. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36000488>
13. Кузнецова Т. Е., Левштанов С. А., Серкин Н. В., Нестеренко В. В., Веретельникова Н. А., Останина Т. В. Методы и результаты селекции ярового ячменя на Кубани. Достижения науки и техники АПК. 2015;29(12):20-22. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25279736>
14. Ашиев А. Р., Хабибулин К. Н., Скулова М. В. Агроэкологическая оценка новых линий сои селекции «Аграрного научного центра «Донской». Зерновое хозяйство России. 2019;(6 (66)):7-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41856697>
15. Иванисов М. М., Марченко Д. М., Некрасов Е. И., Рыбась И. А., Романюкина И. В., Кравченко Н. С. Результаты изучения сортов озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения в условиях юга Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2019;(6 (66)):12-17. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41856698>
16. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. Agronomy. 2016;6 (3):40.
DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy6030040>
17. Ерошенко Л. М., Ерошенко А. Н., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А. Селекция инновационных сортов ярового ячменя в условиях центрального Нечерноземья. Зерновое хозяйство России. 2017;(3 (51)):25-28.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29385635>
18. Серебрянников Ю. И. Влияние абиотических факторов на массу 1000 зерен сортов ячменя в условиях Канской лесостепи. Вестник КрасГАУ. 2015;(12):96-103.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25054278>

References

1. Yakushev V. P., Mikhaylenko I. M., Dragavtsev V. A. *Agrotekhnologicheskie i selektsionnye rezervy povysheniya urozhaev zernovykh kul'tur v Rossii*. [Reserves of agro-technologies and breeding for cereal yield increasing in the Russian Federation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2015;50(5):550-560. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24846604>
2. Rybas' I. A. *Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur*. [Breeding grain crops to increase adaptability]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2016;50(5):517-626. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27298379>
3. Nikiforov V. M., Nikiforov M. I., Mameev V. V. *Urozhaynost' i kachestvo zerna sortov yachmenya v intensivnykh tekhnologiyakh vozdel'yvaniya*. [Yield and grain quality of spring barley varieties in the intensive cultivation technologies]. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019;(6 (76)):8-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41466919>
4. Zhuchenko A. A. *Adaptivnoe rastenievodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy)*. [Adaptive crop production (ecological and genetic bases)]. Kishinev: *Shtiintsa*, 1990. 432 p.
5. Bisharev A. A., Shevchenko S. N., Madyakin E. V., Kalyakulina I. A., Dyul'dina M. A., Dvortsova T. V. *Vliyaniye agrometeorologicheskikh usloviy na urozhaynost' zerna yarovogo yachmenya v usloviyakh Srednego Povolzh'ya*. [The influence of agrometeorological conditions on grain yield of spring barley in the conditions of middle Volga region]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018;20(2-4(82)):667-670. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37313255>

6. Postnikov P. A. *Vozdeystvie predshestvennikov i meteorologicheskikh usloviy na urozhaynost' yarovogo yachmenya*. [The influence of predecessors and meteorological conditions on spring barley productivity]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2018;(4):48-53. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35423839>
7. Baykalova L. P., Serebryannikov Yu. I. *Rol' sorta v povyshenii urozhaynosti yachmenya v usloviyakh lesostepi Krasnoyarskogo kraya*. [The role of variety in increasing yields of barley in the forest-steppe of Krasnoyarsk region]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;(7):167-172. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26273331>
8. Koshelev B. S., Bushukhina L. L. *Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya intensivnykh tekhnologiy vyrashchivaniya zernovykh kul'tur v 80-kh godakh KhKh veka v Zapadnoy Sibiri*. [Economic efficiency of intensive technologies of cereal crops cultivation in the 80s of the 20th century in Western Siberia]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Omsk SAU*. 2017;(2 (26)):139-146. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29344988>
9. Andreev M. I., Ma'ina-Chermnykh O. G. *Vliyaniye intensivnykh sistem zemledeliya na pochvennyuyu biotu*. [Impact of intensive cropping systems on soil biota]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics»*. 2017;3(4(12)):11-15. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32321194>
10. Bingham I. J., Karley A. J., White P. J., Thomas W. T. B., Russell J. R. Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of springs barley breeding. *European Journal of Agronomy*. 2012;42:49-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.10.003>
11. Filenko G. A., Firsova T. I. *Semenovodstvo yachmenya v Rostovskoy oblasti*. [Seed-growing of barley in Rostov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(4):16-21. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23857047>
12. Popova E. N., Muzafarov N. M. *Agroekologicheskaya otsenka vozdeystviya yarovykh zernovykh kul'tur v Levoberezhnoy Lesostepi Ukrainy*. [Agroecological assessment of the cultivation of spring grain crops in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2018;(3):115-119. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36000488>
13. Kuznetsova T. E., Levshantov S. A., Serkin N. V., Nesterenko V. V., Veretel'nikova N. A., Ostanina T. V. *Metody i rezul'taty selektsii yarovogo yachmenya na Kubani*. [Methods and results of spring barley breeding in Krasnodar region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2015;29(12):20-22. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25279736>
14. Ashiev A. R., Khabibulin K. N., Skulova M. V. *Agroekologicheskaya otsenka novykh liniy soi selektsii «Agrarnogo nauchnogo tsentra «Donskoy»*. [Agroecological estimation of the new soybean lines developed in the Agricultural research center «Donskoy»]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2019;(6 (66)):7-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41856697>
15. Ivanisov M. M., Marchenko D. M., Nekrasov E. I., Rybas' I. A., Romanyukina I. V., Kravchenko N. S. *Rezul'taty izucheniya sortov ozimoy myagkoy pshenitsy razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh yuga Rostovskoy oblasti*. [The study results of the winter soft wheat varieties of various ecological and geographical origin in the south of the Rostov region]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2019;(6 (66)):12-17. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41856698>
16. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*. 2016;6 (3):40. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy6030040>
17. Eroshenko L. M., Eroshenko A. N., Romakhin M. M., Eroshenko N. A. *Selektsiya innovatsionnykh sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh tsentral'nogo Nechernozem'ya*. [Breeding of the innovative varieties of spring barley in the central black earth region]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2017;(3 (51)):25-28. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29385635>
18. Serebryannikov Yu. I. *Vliyaniye abioticheskikh faktorov na massu 1000 zeren sortov yachmenya v usloviyakh Kanskoy lesostepi*. [The influence of abiotic factors on mass one hundred grains of the barley sort in the Kansk forest-steppe]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2015;(12):96-103. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25054278>

Сведения об авторах

☒ **Любовь Михайловна Ерошенко**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, г. Одинцово, Московская обл., Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8513-6665>, e-mail: eroshenko.lm@yandex.ru

Максим Михайлович Ромахин, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, г. Одинцово, Московская обл., Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5691-1020>

Анатолий Николаевич Ерошенко, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, г. Одинцово, Московская обл., Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1468-4207>

Николай Анатольевич Ерошенко, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, г. Одинцово, Московская обл., Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6971-957X>

Иван Александрович Дедушев, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, г. Одинцово, Московская обл., Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5059-9299>

Виктория Валерьевна Ромахина, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, г. Одинцово, Московская обл., Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9996-4998>

Болдырев Михаил Александрович младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, д. 6, р.п. Новоивановское, г. Одинцово, Московская обл., Российская Федерация, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7421-0321>

Information about the authors

✉ **Lyubov M. Eroshenko**, PhD in Agriculture, leading researcher, Federal Research Center «Nemchinovka», Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8513-6665>, e-mail: eroshenko.lm@yandex.ru

Maksim M. Romakhin, PhD in Agriculture, leading researcher, Federal Research Center «Nemchinovka», Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5691-1020>

Anatoly N. Eroshenko, PhD in Agriculture, leading researcher, Federal Research Center «Nemchinovka», Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1468-4207>

Nikolai A. Eroshenko, PhD in Agriculture, senior researcher, Federal Research Center «Nemchinovka», Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6971-957X>

Ivan A. Dedushev, researcher, Federal Research Center «Nemchinovka», Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5059-9299>

Victoria V. Romakhina, junior researcher, Federal Research Center «Nemchinovka», Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9996-4998>

Mikhail A. Boldyrev, junior researcher, Federal Research Center «Nemchinovka», Agrokhimikov street, 6, Novoivanovskoe, Odintsovo, Moscow region, Russian Federation, 143026, e-mail: mosniish@yandex.ru,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7421-0321>

✉ – Для контактов / Corresponding author