

СЕЛЕКЦИЯ И ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ МНОГОРЯДНОГО ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM VULGARE* L.) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Чудинов В.А.¹, заместитель Председателя Правления по научной работе

ch.den@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6740-8383>

Шпигун В.И.¹, старший научный сотрудник

v.shpigun@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-3435-418X>

Волкова Г.О.^{1*}, ученый секретарь

rgkp.karabalyk@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-2283-3963>

Савин Т.В.², кандидат биологических наук

savintimur_83@mail.ru, <https://orcid.org/0002-3550-647X>

¹ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция», п. Научное, Казахстан

²ТОО Научно- производственный центр зернового хозяйства имени А.И Бараева, Акмолинская обл., Шортандинский район, п. Научный, ТОО «STEVAGRO», г. Астана, Казахстан

Аннотация. Яровой ячмень является одной из наиболее распространённых зернофуражных культур в Казахстане. Создание сортов, сочетающих высокую урожайность с комплексом хозяйственно-ценных признаков, является одним из основных направлений селекции.

В статье представлены результаты селекции многорядного ярового ячменя в условиях ТОО «Карабалыкская СХОС». При изучении 290 сортообразцов коллекции выделены источники хозяйственно-ценных признаков и сформирован исходный материал для гибридизации. Получено 21 комбинация скрещивания. В селекционный питомник первого года отобрано 72 линии из 14 комбинаций. Проведён корреляционный анализ взаимосвязей урожайности с элементами её структуры у многорядного ячменя и сравнительная оценка корреляционных связей у многорядных и двухрядных форм.

Установлено, что у многорядного ячменя наиболее выраженная положительная связь урожайности отмечена с числом зёрен в колосе ($r=0,566$). В конкурсном сортоиспытании урожайность перспективных линий составила 28,7–31,0 ц/га при урожайности стандарта 26,4 ц/га и НСР₀₅=2,1 ц/га. С 2024 года на государственное сортоиспытание передан сорт «Искандер», полученный из гибридной популяции 2115 В02-1935 (USA)/К-2650. Средняя урожайность сорта составила 30,4 ц/га, максимальная – 72,1 ц/га в экологическом испытании 2022 года. Высота растений – 59 см, масса 1000 зёрен – 43,33 г. Сорт относится к разновидности *ricotense* и представляет интерес для условий Северного Казахстана.

Ключевые слова: яровой ячмень, многорядный ячмень, гибридизация, селекция, урожайность, корреляционные связи, число зёрен в колосе, масса 1000 зёрен, конкурсное сортоиспытание, государственное сортоиспытание.

Введение. Яровой ячмень – самая распространённая зернофуражная культура в Казахстане в целом и в северном регионе в частности. Посевные площади ярового ячменя на севере республики варьируют от 1,3 до 1,5 млн. га. Востребованность ячменя товаропроизводителями объясняется высокой кормовой и пищевой ценностью, высокой пластичностью, более низкой себестоимостью производства по сравнению с пшеницей. Вместе с тем изменчивость температурного режима и условий увлажнения в степной зоне Северного Казахстана предъявляет повышенные требования к сортам, способным реализовывать высокий потенциал продуктивности в различных условиях среды [1, 2].

Сорт является одним из основных факторов повышения урожайности, на долю сорта приходится значительная часть уровня прироста валового сбора продукции [3]. Создание и внедрение новых сортов, адаптированных к конкретным природно-климатическим условиям, позволяет повысить эффективность производства и обеспечить стабильное получение зерна [1, 4].

В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений по северным областям Казахстана (Акмолинской, Северо-Казахстанской и Костанайской) находится 41 сорт ячменя, из них 23 сорта внесены за последние 10 лет [5]. Комплексным планом по развитию селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур Республики Казахстан на 2024–2028 годы предусмотрено создание 8 новых сортов ячменя и повышение доли посевных площадей страны, засеянных семенами отечественной селекции, адаптированных к нашим природно-климатическим условиям, с 51,7 % до 78,2 % к 2028 году [6].

Селекция ярового ячменя на Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции начата с 1976 года [7]. За этот период создан и передан в производство ряд сортов, адаптированных к условиям северной зоны Казахстана, с 2015 года по настоящее время в Государственный реестр Республики Казахстан внесены сорта Великан, Медикум 18, Бочонок, Аскер. Накопленный опыт селекции ячменя на станции сформировал основу для дальнейшего изучения нового селекционного материала и поиска генотипов с улучшенными хозяйственно ценными признаками [4, 7].

Несмотря на удобное географическое расположение и климатические условия опытной станции, способствующие созданию как отзывчивых на увлажнение, так и жаро-засухоустойчивых сортов, современные реалии требуют от новых сортов более высокой пластичности, адаптивности, устойчивости к стрессовым, а также абиотическим и биотическим факторам среды. Все это возможно при консолидации селекционеров, генетиков, специалистов по иммунитету и физиологов. Первым результатом такой совместной деятельности были сорта ячменя Аскер и Отар 2022, созданные нами совместно с Институтом Проблем Биологической безопасности (г. Отар), внесенные в Государственный реестр селекционных достижений Республики Казахстан с 2026 года.

В настоящее время в ТОО «Карабалыкская СХОС» ведутся активные работы по созданию новых сортов ярового ячменя с применением молекулярно-генетических методов совместно с Институтом Биологии и Биотехнологии растений (г. Алматы). В государственное сортоиспытание с 2026 года передан сорт ярового ячменя Мереке.

Несмотря на значительный объем селекционных исследований ячменя, для условий Северного Казахстана сохраняется необходимость более детальной оценки многорядных форм по комплексу признаков продуктивности и установления взаимосвязей между отдельными элементами структуры урожая. Исследования многорядного ячменя показывают, что продуктивность определяется комплексом взаимосвязанных признаков, включая число продуктивных стеблей, число зерен в колосе, массу зерна с колоса и массу 1000 зерен. Выявление наиболее значимых компонентов продуктивности и их сочетаний позволит повысить эффективность отбора на различных этапах селекционного процесса и выделить линии, представляющие практический интерес для дальнейшей селекционной работы [8-12].

Цель исследования — определить селекционную и практическую ценность линий ярового многорядного ячменя на различных этапах селекционного процесса, оценить вариабельность основных элементов структуры урожая и установить взаимосвязи между ними для выявления перспективных генотипов.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили на базе ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция», расположенной в зоне умеренно-засушливой степи Северного Казахстана. Почва опытного участка — чернозём обыкновенный, среднегумусный, тяжелосуглинистый. Для данной природно-климатической зоны характерен резко континентальный климат со значительной межгодовой изменчивостью температурного режима и условий увлажнения. Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 339,3 мм, за вегетационный период выпадает в среднем 184,7 мм. Среднегодовая температура воздуха составляет +2,8 °С. Испаряемость превышает количество выпадающих осадков, что обуславливает периодическое возникновение дефицита влаги в течение вегетационного периода.

Контрастность гидротермического режима исследуемой зоны создаёт условия для оценки селекционного материала по комплексу хозяйственно-ценных признаков и выявления генотипов, обладающих высокой адаптивностью.

Объектом исследования являлся селекционный материал многорядного ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.), находящийся на различных этапах селекционного процесса. Предметом исследования являлись вариабельность хозяйственно-ценных признаков и элементов структуры продуктивности, взаимосвязи между ними, а также возможность использования выявленных закономерностей в селекционном отборе перспективных генотипов. Двурядные формы ярового ячменя использовали в качестве сравнительного материала для сопоставления характера и направленности корреляционных взаимосвязей между количественными признаками и элементами структуры продуктивности у генотипов с различным типом колоса.

Исходный селекционный материал формировался в рамках селекционной программы ТОО «Карабалыкская сельскохозяйственная опытная станция» и включал коллекционные образцы, гибридные комбинации, полученные на их основе гибридные популяции и селекционные линии многорядного ячменя, находящиеся на различных этапах селекционного процесса. Коллекционные образцы использовали для выделения источников хозяйственно-ценных признаков и подбора родительских форм для гибридизации. Полученные гибридные популяции изучали в последующих поколениях с проведением индивидуального отбора перспективных растений. Отобранный материал последовательно оценивали в селекционных питомниках, включая питомник первого года и конкурсное сортоиспытание, что позволило оценить селекционную ценность перспективных линий на различных этапах селекционного процесса.

Гибридизацию проводили в полевых условиях методом Твелла. Для обеспечения совпадения фаз развития родительских форм питомник гибридизации высевали в два срока с интервалом 10 дней. Гибридный материал изучали методом пересева. Индивидуальный отбор перспективных растений начинали в поколении F_3 . Выделенные линии последовательно оценивали в селекционных питомниках и конкурсном сортоиспытании по комплексу хозяйственно-ценных признаков и элементов структуры продуктивности. [13].

Статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с общепринятыми методами дисперсионного анализа [14].

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент вегетационного периода

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Май	0,92	1,62	0,37	0,89	0,88	0,31	0,74	0,10	0,98	0,23	3,72	1,91
Июнь	0,42	1,14	1,54	0,97	0,91	0,50	0,39	0,14	0,36	0,74	1,01	0,81
Июль	2,05	,33	1,10	1,35	1,11	1,86	0,16	0,76	0,25	0,32	1,81	0,42
Август	1,29	0,54	0,27	0,78	0,69	0,83	0,63	0,29	0,15	2,00	1,02	0,72
Среднее	1,17	0,91	0,82	1,00	0,90	0,88	0,48	0,32	0,44	0,82	1,88	0,95

Анализ гидротермических условий вегетационных периодов 2014-2025 гг. показал значительную межгодовую изменчивость увлажнения (таблица 1). По среднему значению гидротермического коэффициента наиболее увлажненными были 2014 и 2024 гг., когда ГТК составил соответственно 1,17 и 1,88. Напротив, наиболее засушливые условия за вегетационный период отмечены в 2020-2022 гг., при средних значениях ГТК от 0,32 до 0,48.

Вместе с тем оценка среднесезонных условий по интегральному показателю за весь вегетационный период не всегда отражает характер увлажнения в отдельные критические фазы развития растений. Для ячменя одним из наиболее чувствительных периодов является фаза колошения-цветения, которая в условиях региона преимущественно приходится на июль. Наиболее благоприятные условия увлажнения в этот период отмечались в 2017, 2018 и 2019 гг., когда значения ГТК составили 1,35; 1,11 и 1,86

соответственно. В 2016 г. значение ГТК также находилось на относительно благоприятном уровне (1,10). В то же время в отдельные годы наблюдался выраженный дефицит влаги в июле, наиболее сильный в 2020 г. (ГТК 0,16), 2022 г. (0,25) и 2023 г. (0,32).

Таким образом, гидротермические условия исследуемых лет характеризовались значительной контрастностью как по общему уровню увлажнения вегетационного периода, так и по обеспеченности влагой критических фаз развития растений, что создавало различный фон для оценки реакции генотипов на условия среды. Такие особенности климата Северного и Центрального Казахстана связаны с высокой вариабельностью влагообеспеченности территории и тенденциями к её аридизации [15]. Для оценки взаимосвязей между количественными признаками рассчитывали коэффициенты корреляции.

Достоверность различий между вариантами по урожайности оценивали методом дисперсионного анализа с определением наименьшей существенной разности (HCp_{05}) [14].

Оценку селекционных линий проводили по комплексу хозяйственно-ценных признаков: высоте растений, продуктивной кустистости, длине верхнего междоузлия, длине колоса, количеству зерен в колосе, массе 1000 зерен, натуре зерна, продолжительности вегетационного периода и урожайности. Высоту растений и длину морфологических органов определяли в сантиметрах, количество зерен в колосе – в штуках, массу 1000 зерен – в граммах, натуру зерна – в г/л. Продолжительность вегетационного периода определяли в сутках от всходов до полной спелости. Урожайность учитывали по массе зерна с учетной площади с последующим пересчетом в ц/га. Оценку признаков проводили в соответствии с принятой методикой селекционного процесса.

Перспективные линии для дальнейшего изучения отбирали с учетом комплекса хозяйственно-ценных признаков и характера корреляционных связей между признаками.

Результаты исследований и обсуждение. Создание исходного материала, соответствующего направлениям селекции, является одним из ключевых этапов селекционного процесса [4]. Основным методом получения нового исходного материала служит внутривидовая гибридизация, позволяющая сочетать в потомстве ценные признаки различных родительских форм. Для расширения генетического разнообразия гибридных популяций в селекции ярового ячменя используют скрещивания форм, различающихся по типу колоса, наличию остей и характеру зерна [16].

Для оценки межгодовой изменчивости эффективности гибридизации проанализированы метеорологические условия в период проведения скрещиваний и соответствующий процент завязываемости гибридных зерен за 2014–2025 гг. (таблица 2). В анализ включены показатели температуры воздуха и количества осадков в июне и июле, а также фактическая завязываемость гибридных зерен.

Таблица 2 – Метеорологические условия в период гибридизации и завязываемость гибридных зерен ярового ячменя в 2014–2025 гг.

Показатель	Июнь, осадки, мм	Июль, осадки, мм	Июнь, t°C	Июль, t°C	% завязываемости
2014	29	153,4	23,1	16,1	55
2015	83,8	20,9	24,6	20,3	56
2016	89,9	72,8	19,5	21,3	59
2017	53,5	72,5	19,5	21	69
2018	46,5	78,7	17	22,8	61
2019	28,3	52,5	18,8	23,5	68
2020	22,4	12,7	19,2	25,2	64
2021	8,4	52,4	22,3	22,1	43
2022	20,9	17,7	18,9	23,4	61
2023	39,3	23,2	19,9	25,2	47
2024	65,3	125,8	22,8	22,4	61
2025	49,5	28,5	21,6	21,4	63

Изменчивость погодных условий в годы исследований является одним из факторов, определяющих различия в реализации продуктивности сортов яровых зерновых культур. Для условий Западного Казахстана показана зависимость формирования урожайности яровой пшеницы от складывающихся метеорологических условий [17].

В данных исследованиях аналогичная межгодовая вариабельность проявлялась при оценке эффективности гибридизации. За 12-летний период средняя завязываемость гибридных зерен составила 58,9%. Показатель характеризовался выраженной межгодовой изменчивостью: максимальные значения отмечены в 2017 г. (69%) и 2019 г. (68%), минимальные — в 2021 г. (43%) и 2023 г. (47%). Полученная динамика свидетельствует о существенной вариабельности эффективности гибридизации в зависимости от условий года (рисунок 1).



Рисунок 1 – Эффективность гибридизации ярового ячменя в условиях Карабалыкской СХОС

В питомнике гибридизации Карабалыкской СХОС 25–30% родительского материала составляют сорта и линии собственной селекции, адаптированные к условиям региона. Использование адаптированного исходного материала в сочетании с подбором родительских форм позволяет поддерживать достаточно высокую эффективность гибридизации. Полученные результаты послужили основой для дальнейшего поиска и выделения источников хозяйственно ценных признаков в исходном материале.

Одним из направлений селекции ярового ячменя является повышение зерновой продуктивности новых сортов в условиях изменяющегося климата. В этой связи перспективным направлением является создание высокопродуктивных сортов многорядного ячменя, характеризующихся повышенным потенциалом формирования зерновой продуктивности.

Вместе с тем широкое распространение многорядных форм ограничивается рядом биологических и хозяйственно ценных особенностей, включая недостаточную устойчивость к неблагоприятным условиям среды, снижение продуктивной кустистости, мелкозерность и ломкость колоса [18, 19]. Поэтому создание нового исходного материала должно быть направлено на сочетание высокой потенциальной продуктивности многорядного типа с комплексом адаптивных и технологически ценных признаков.

С целью поиска исходного материала для создания новых сортов многорядного ячменя была изучена коллекция, включавшая 290 сортообразцов американского происхождения, полученных из Института биологии и биотехнологии растений (г. Алматы). В коллекции преимущественно были представлены образцы разновидностей *pallidum* и *ricotense*. В результате изучения коллекционного материала были выделены источники хозяйственно ценных признаков, использованные в качестве родительских форм для гибридизации. На основе выделенного исходного материала было проведено скрещивание и получена 21 гибридная комбинация. В последующих поколениях осуществлялся индивидуальный отбор перспективных растений. По результатам изучения гибридного

потомства в селекционный питомник первого года было отобрано 72 линии, полученные из 14 комбинаций скрещивания (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты отбора селекционных линий многорядного ячменя

Комбинация	Число отобранных линий	Средняя продуктивность гр/линия
К-2014, ricotense//Убаган, medicum	7	90,3
К-2014//4034 Н2 /2/4034 Н2	4	98,1
2014//23 / 02	3	91,5
2014//Л — 29	2	103,5
2014//Медикум — 125	7	92,7
2115 ,pallidum //2650, ricotense	5	91,1
2115, pallidum//2285 ricotense	5	102,4
2266, ricotense//2288 ricotense	5	102,1
2266 ricotense//2292 ricotense	6	81,4
2266 ricotense//2443 ricotense	6	102,7
2266 ricotense//2651 ricotense	3	76,3
2266 ricotense//2286 ricotense	11	81,3
2437 ricotense//2443 nutans	4	78,4
2115 pallidum//2650 ricotensee	4	144,9

Количество отобранных линий по отдельным комбинациям варьировало от 2 до 11, что свидетельствует о различной селекционной ценности исходных гибридных популяций. Средняя продуктивность отобранных линий изменялась от 76,3 до 144,9 г/линия. Наиболее высокий показатель отмечен у линий, полученных из комбинации 2115 *pallidum*//2650 *ricotense*, – 144,9 г/линия. Полученные результаты позволили выделить наиболее перспективные гибридные комбинации для дальнейшего селекционного отбора.

Для определения характера взаимосвязей между количественными признаками был проведен корреляционный анализ отдельно для двурядных и многорядных форм ячменя (таблицы 4 и 5). Такой подход позволил оценить, различается ли структура взаимосвязей между признаками у двух морфологических типов и какие компоненты продуктивности целесообразно учитывать при последующем селекционном отборе.

Установлено, что у образцов двурядного ячменя урожайность не имела выраженной корреляционной связи с изученными элементами структуры продуктивности: коэффициенты корреляции варьировали от $r = -0,325$ до $r = 0,043$, что указывает на отсутствие выраженной линейной связи урожайности с отдельными рассмотренными морфологическими признаками в данном наборе материала.

Таблица 4 – Корреляция количественных признаков двурядного ячменя

Признак	Высота растений	Продуктивная кустистость	Длина верхнего междоузлия	Длина колоса	Количество зерен	Урожайность
Высота растений	1,000	-0,080	0,538	0,278	0,421	-0,060
Продуктивная кустистость	-0,080	1,000	-0,161	0,178	0,082	0,043
Длина верхнего междоузлия	0,538	-0,161	1,000	0,348	0,249	-0,174
Длина колоса	0,278	0,178	0,348	1,000	0,724	-0,325
Количество зерен	0,421	0,082	0,249	0,724	1,000	-0,239
Урожайность	-0,060	0,043	-0,174	-0,325	-0,239	1,000

Наиболее тесная положительная связь выявлена между длиной колоса и количеством зерен в колосе ($r = 0,724$), что свидетельствует о значительном влиянии развития колоса на его озерненность. При этом причинный эффект длины колоса на число зерен непосредственно из корреляционного анализа не следует. Средняя положительная связь отмечена между высотой растений и длиной верхнего междоузлия ($r = 0,538$). Остальные корреляционные зависимости характеризовались слабой или средней степенью выраженности. Полученные результаты показывают, что у двурядных форм ячменя количество зерен в колосе в большей степени связано с морфологическими особенностями колоса, прежде всего с его длиной, тогда как прямые связи отдельных изученных признаков с урожайностью выражены слабо.

Корреляционный анализ количественных признаков многорядного ячменя выявил иную структуру взаимосвязей по сравнению с двурядными формами (таблица 5). Наиболее выраженная положительная связь с урожайностью установлена для количества зерен в колосе ($r = 0,566$). В отличие от двурядного ячменя, у которого наиболее тесная связь наблюдалась между длиной колоса и количеством зерен, у многорядных форм длина колоса практически не была связана с числом зерен в колосе ($r = -0,020$).

Таким образом, различия в структуре корреляционных связей у двух типов ячменя показывают, что одинаковые морфологические признаки могут иметь неодинаковое значение в формировании продуктивности в зависимости от генотипического материала.

Таблица 5 – Результаты корреляционного анализа количественных признаков многорядного ячменя

Признак	Высота растений	Продуктивная кустистость	Длина верхнего междоузлия	Длина колоса	Количество зерен	Урожайность
Высота растений	1,000	0,114	0,586	0,652	0,141	0,160
Продуктивная кустистость	0,114	1,000	-0,046	0,117	-0,162	-0,220
Длина верхнего междоузлия	0,586	-0,046	1,000	0,422	0,195	0,312
Длина колоса	0,652	0,117	0,422	1,000	-0,020	-0,147
Количество зерен	0,141	-0,162	0,195	-0,020	1,000	0,566
Урожайность	0,160	-0,220	0,312	-0,147	0,566	1,000

Среди морфологических признаков наиболее тесные положительные взаимосвязи отмечены между высотой растений и количеством зерен в колосе ($r = 0,652$), а также между высотой растений и длиной колоса ($r = 0,586$). Умеренная положительная связь установлена между длиной верхнего междоузлия и длиной колоса ($r = 0,422$). В то же время продуктивная кустистость характеризовалась слабой отрицательной связью с урожайностью ($r = -0,220$).

Таким образом, в отличие от двурядных форм, у многорядного ячменя формирование урожайности в большей степени связано с продуктивностью колоса, прежде всего с количеством формирующихся зерен.

С учетом результатов предварительного отбора и оценки комплекса хозяйственно ценных признаков для дальнейшего изучения были выделены 18 линий многорядного ячменя, из которых пять наиболее перспективных были включены в конкурсное сортоиспытание. Таким образом, корреляционный анализ использовался не как единственный критерий отбора, а как дополнительный инструмент для оценки взаимосвязей между признаками и уточнения направления последующего селекционного отбора.

Результаты конкурсного сортоиспытания показали существенные различия между изученными генотипами по урожайности и комплексу морфологических и технологических признаков (таблица 6).

Средняя урожайность стандарта «Великан» составила 26,4 ц/га. Наиболее продуктивными оказались линии 2014 FEGI 48-4-B (USA)//Медикум-125 и 2115 B02-1935 (USA)//2650, урожайность которых составила соответственно 31,0 и 30,4 ц/га, что превышало стандарт на 4,6 и 4,0 ц/га. Линия 2014 FEGI 48-4-B (USA)//Убаган также характеризовалась повышенной урожайностью – 28,7 ц/га. При $HCP_{05} = 2,1$ ц/га указанные линии достоверно превысили стандарт по урожайности. По продолжительности вегетационного периода изучаемые линии характеризовались более ранним созреванием по сравнению со стандартом. Продолжительность их вегетационного периода составляла 67–70 суток, тогда как у сорта-стандарта «Великан» – 72 суток.

Таблица 6 – Результаты конкурсного сортоиспытания многорядных сортов ячменя 2023 – 2025гг

Линия	Вегетационный период, суток	Средняя урожайность, ц/га	Масса 1000 зерен, гр	На-тура г/л	Биометрия		
					Высота растений, см.	Длина колоса см.	Кол-во зерен в колосе шт.
Великан ст.	72	26,4	48,68	687	81	10	22
2014 FEGI 48-4-B (USA)//Убаган	68	28,7	39,99	670	44	6	46
2014 FEGI 48-4-B (USA)//Убаган	68	25,9	39,48	650	60	8	46
2014 FEGI 48-4-B (USA)// 4034 H2	68	26,4	39,90	655	55	6	36
2014 FEGI 48-4-B (USA)//Медикум — 125	67	31,0	37,59	670	65	5	42
2115 B02-1935 (USA)//2650	70	30,4	43,33	690	59	4	34
HCP_{05}		2,1					

Масса 1000 зерен у изучаемых многорядных линий варьировала от 37,59 до 43,33 г и уступала стандарту, у которого данный показатель составил 48,68 г. Наибольшая масса 1000 зерен среди исследуемых линий отмечена у 2115 B02-1935 (USA)//2650 – 43,33 г.

По высоте растений изучаемые многорядные линии существенно различались и имели высоту от 44 до 65 см, тогда как стандарт достигал 81 см. Более низкорослый тип растений может представлять селекционный интерес вследствие потенциально более высокой устойчивости к полеганию. Количество зерен в колосе у многорядных линий варьировало от 34 до 46 шт., тогда как у стандарта данный показатель составлял 22 зерна. Наибольшая озерненность колоса – 46 зерен – отмечена у двух линий, полученных с участием комбинации 2014 FEGI 48-4-B (USA)//Убаган.

В совокупности результаты корреляционного анализа и конкурсного сортоиспытания позволяют выделить два важных аспекта формирования продуктивности многорядного ячменя. Во-первых, количество зерен в колосе имело наиболее выраженную среди изученных признаков положительную связь с урожайностью ($r=0,566$). Во-вторых, результаты испытания показали, что высокая урожайность может сочетаться с относительно коротким колосом и короткостебельностью. Это указывает на то, что при селекции многорядного ячменя целесообразно ориентироваться не на увеличение отдельного

морфологического признака, а на формирование оптимального сочетания компонентов продуктивности.

Наиболее перспективной по комплексу признаков оказалась линия 2115 B02-1935 (USA)//2650. По результатам трехлетнего цикла конкурсного сортоиспытания линия 2115 B02-1935 (USA)//2650 была передана на государственное сортоиспытание в качестве нового сорта многорядного ячменя «Искандер».

Сорт «Искандер» относится к разновидности *ricotensee*. Средняя урожайность сорта за годы конкурсного сортоиспытания составила 30,4 ц/га. Он характеризуется короткостебельностью, хорошо озерненным колосом и относительно крупным зерном: высота растений составляет 59 см, количество зерен в колосе – 34 шт., масса 1000 зерен – 43,33 г.

Максимальная урожайность сорта была получена в экологическом испытании в хозяйстве «Чебаркуль птица» Челябинской области Российской Федерации в 2022 г. и составила 72,1 ц/га. Этот результат свидетельствует о высоком потенциале продуктивности сорта при благоприятных условиях выращивания.

Заключение. В результате многолетних исследований установлена выраженная межгодовая изменчивость эффективности гибридизации ярового многорядного ячменя: средняя завязываемость гибридных зерен за 2014–2025 гг. составила 58,9%, при варьировании показателя от 43 до 69%.

Из коллекции 290 сортообразцов американского происхождения выделены источники хозяйственно ценных признаков, на основе которых получена 21 гибридная комбинация. В последующих поколениях отобрано 72 перспективные линии из 14 комбинаций скрещивания. Корреляционный анализ показал, что у многорядного ячменя наиболее выраженная положительная связь урожайности установлена с количеством зерен в колосе ($r = 0,566$), что подтверждает значимость данного признака при селекционном отборе.

По результатам конкурсного сортоиспытания выделены перспективные линии с урожайностью 28,7–31,0 ц/га при 26,4 ц/га у стандарта. Линия 2115 B02-1935 (USA)//2650, характеризующаяся урожайностью 30,4 ц/га, высокой озерненностью колоса и массой 1000 зерен 43,33 г, была передана на государственное сортоиспытание в качестве сорта «Искандер». Таким образом, проведенные исследования позволили проследить селекционный процесс от подбора исходного материала и гибридизации до выделения перспективной линии и создания нового сорта многорядного ячменя, адаптированного к условиям Северного Казахстана.

Благодарность. Работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по бюджетной программе BR24992903 «Практическое внедрение современных молекулярно-генетических, физиолого-биохимических, биотехнологических методов и цифрового фенотипирования в селекцию экономически значимых сельскохозяйственных культур» (на 2024-2026 годы).

Литература:

- [1] **Гончаров, Н.П.,** Гончаров, П.Л. Методические основы селекции растений. – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2009. – 427 с.
- [2] **Almerekova, S.,** Sariev B., Abugaliev A., Chudinov V., Sereda G., Tokhetova L., Ortaev A., Tsygankov V., Blake T., Chao S., Genievskaya Y., Abugaliev S., Turuspekov Y. Association mapping for agronomic traits in six-rowed spring barley from the USA harvested in Kazakhstan // PLOS ONE, 2019. – Vol. 14, No. 8. – e0221064. <https://doi.org/10.1472/journal.pone.0221064>
- [3] **Краснова, Л.И.** Частная селекция и первичное семеноводство полевых культур в условиях степного и лесостепного Приуралья. – Оренбург: ОГАУ, 2007. – 220 с.
- [4] **Лепехов, С.Б.** Эффективность отбора в ранних поколениях гибридов сельскохозяйственных культур по урожайности и признакам продуктивности (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 2018. – Т. 179. – № 4. – С. 177–190. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-177-190>
- [5] Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в Республике Казахстан. – Астана, 2025. – URL: gcomsort.kz.

- [6] Комплексный план по развитию селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур Республики Казахстан на 2024–2028 годы. Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 30 мая 2024 года № 427.
- [7] **Грязнов, А. А.** Ячмень Карабалыкский (корм, крупа, пиво). – Кустанай, 1996. – 448 с.
- [8] **Almerekova, S.,** Sariev B., Abugalieva A., Chudinov V., Sereda G., Tokhetova L., Ortaev A., Tsygankov V., Blake T., Chao S., Genievskaya Y., Abugalieva S., Turuspekov Y. Association mapping for agronomic traits in six-rowed spring barley from the USA harvested in Kazakhstan // PLOS ONE, 2019. – Vol. 14, No. 8. – e0221064. <https://doi.org/10.1472/journal.pone.0221064>
- [9] **Dimova, D.,** Valcheva D., Dimitrova-Doneva, M. Correlation dependencies between yield and some elements of productivity in lines of spring six-row barley // Bulgarian Journal of Crop Science, 2018. – Vol. 55. – No. 6. – P. 3–8.
- [10] **Serrago, R. A.,** García G. A., Savin R., Miralles D. J., Slafer G. A. Determinants of grain number responding to environmental and genetic factors in two- and six-rowed barley types // Field Crops Research, 2023. – Vol. 302. – 109073. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109073>
- [11] **Serrago, R. A.,** García G.A., Savin R., Miralles D.J., Slafer G.A. Relevance of grain number and grain weight on barley yield responses to environmental and genetic factors // Field Crops Research, 2025. – Vol. 328. – 109922. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109922>
- [12] **Neykov, N.** Correlation and path-coefficient analysis of yield and some traits related to the productivity of spring barley accessions from the European-Siberian genetic center // Bulgarian Journal of Crop Science, 2018. – Vol. 55, No. 1. – P. 28–32.
- [13] Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы / под ред. В. Ф. Дорофеева, Д. И. Руденко. – Л.: ВИР, 1980
- [14] **Доспехов, Б. А.** Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
- [15] **Бельгибаев, М.Е.,** Белый А.В. Изменение климата и аридизация территории Северного и Центрального Казахстана // Гидрометеорологическая экология, 1999. – № 4. – С. 203-214.
- [16] **Репко, Н.В.,** Репко В.В., Скибина Ю.С., Шепелев К.В. Подбор родительских пар для гибридизации озимого ячменя // Научный альманах, 2017. – № 9-2 (35). – С. 205-209.
- [17] **Цыганков, В.,** Губашева, Б. Е., Цыганков, А. В., Цыганкова, Н. В. Влияние метеорологических условий на урожайность сортов яровой пшеницы в условиях Западного Казахстана // Ғылым және білім, 2023. – Т. 2, № 3(72). – С. 109–120. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-109-120>
- [18] **Козубовская, Г.В.,** Балакшина В.И. Урожайность многорядного ярового ячменя разновидностей pallidum в сухостепной зоне // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 2018. – Т. 179. – № 4. – С. 67–73. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-67-73>
- [19] **Бишарёв, А.,** Долженко Д., Калякулина И., Шевченко С. Результаты селекции многорядных сортов ячменя для засушливых условий Среднего Поволжья // Российская сельскохозяйственная наука, 2025. – №1 – С.14-20. <https://doi.org/10.7868/S3034582025010038>

References:

- [1] **Goncharov, N.P.,** Goncharov, P.L. Metodicheskie osnovy` selekcii rastenij. – Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo «Geo», 2009. – 427 s. [in Russian]
- [2] **Almerekova, S.,** Sariev, B., Abugalieva, A., Chudinov, V., Sereda, G., Tokhetova, L., Ortaev, A., Tsygankov, V., Blake, T., Chao, S., Genievskaya, Y., Abugalieva, S., Turuspekov, Y. Association mapping for agronomic traits in six-rowed spring barley from the USA harvested in Kazakhstan // PLOS ONE. – 2019. – Vol. 14, No. 8. – e0221064. <https://doi.org/10.1472/journal.pone.0221064>
- [3] **Krasnova, L. I.** Chastnaya selekciya i pervichnoe semenovodstvo polevy`x kul'tur v usloviyax stepnogo i lesostepnogo Priural'ya. – Orenburg: OGAU, 2007. – 220 s. [in Russian]
- [4] **Lepexov, S. B.** E`ffektivnost` otbora v rannix pokoleniyax gibridov sel'skoxozyajstvenny`x kul'tur po urozhajnosti i priznakam produktivnosti (obzor) // Trudy` po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2018. – Т. 179, № 4. – С. 177–190. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-177-190>
- [5] Gosudarstvenny`j reestr selekcionny`x dostizhenij, dopushhenny`x k ispol'zovaniyu v Respublike Kazaxstan. – Astana, 2025. – URL: gcomsort.kz. [in Russian]
- [6] Kompleksny`j plan po razvitiyu selekcii i semenovodstva sel'skoxozyajstvenny`x kul'tur Respubliki Kazaxstan na 2024–2028 gody`. Utverzhen postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazaxstan ot 30 maya 2024 goda № 427. [in Russian]

- [7] **Gryaznov, A. A.** Yachmen` Karabaly`kskij (korm, krupa, pivo). – Kustanaj, 1996. – 448 s. [in Russian]
- [8] **Almerekova, S.**, Sariev B., Abugalieva A., Chudinov V., Sereda G., Tokhetova L., Ortaev, A., Tsygankov V., Blake T., Chao S., Genievskaya Y., Abugalieva S., Turuspekov Y. Association mapping for agronomic traits in six-rowed spring barley from the USA harvested in Kazakhstan // PLOS ONE. – 2019. – Vol. 14, No. 8. – e0221064. <https://doi.org/10.1472/journal.pone.0221064>
- [9] **Dimova, D.**, Valcheva D., Dimitrova-Doneva, M. Correlation dependencies between yield and some elements of productivity in lines of spring six-row barley // Bulgarian Journal of Crop Science. – 2018. – Vol. 55, No. 6. – P. 3–8.
- [10] **Serrago, R. A.**, García G.A., Savin R., Miralles D.J., Slafer G.A. Determinants of grain number responding to environmental and genetic factors in two- and six-rowed barley types // Field Crops Research. – 2023. – Vol. 302. – 109073. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109073>
- [11] **Serrago, R. A.**, García G.A., Savin R., Miralles D.J., Slafer G.A. Relevance of grain number and grain weight on barley yield responses to environmental and genetic factors // Field Crops Research. – 2025. – Vol. 328. – 109922. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109922>
- [12] **Neykov, N.** Correlation and path-coefficient analysis of yield and some traits related to the productivity of spring barley accessions from the European-Siberian genetic center // Bulgarian Journal of Crop Science. – 2018. – Vol. 55, No. 1. – P. 28–32.
- [13] Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu mirovoj kollekcii pshenicy / pod red. V. F. Dorofeeva, D. I. Rudenko. – L.: VIR, 1980. [in Russian]
- [14] **Dospexov, B. A.** Metodika polevogo opy`ta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul`tatov issledovaniy – 5-e izd., pererab. i dop. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351s. [in Russian]
- [15] **Bel`gibaev, M.E.**, Bely`j A.V. Izmenenie klimata i aridizaciya territorii Severnogo i Central`nogo Kazaxstana // Gidrometeorologicheskaya e`kologiya, 1999. – № 4. – S. 203-214. [in Russian]
- [16] **Repko. N.V.**, Repko V.V., Skibina Yu.S., Shepelev K.V. Podbor roditel`skix par dlya gibridizacii ozimogo yachmenya // Nauchny`j al`manax, 2017. – № 9-2 (35). – S. 205-209. [in Russian]
- [17] **Cygankov, V.**, Gubasheva B.E., Cygankov A.V., Cygankova N.V. Vliyanie meteorologicheskix uslovij na urozhajnost` sortov yarovoj pshenicy v usloviyax Zapadnogo Kazaxstana // Fy`ly`mzhėnebilim, 2023. – T. 2, № 3(72). – S. 109–120. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-3-2-109-120> [in Russian]
- [18] **Kozubovskaya, G.V.**, Balakshina V. I. Urozhajnost` mnogoryadnogo yarovogo yachmenya raznovidnostej pallidum v suxostepnoj zone // Trudy` po prikladnoj botanike, genetike i selekcii, 2018. – T. 179. – № 4. – S. 67–73. https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018_4_67_73 [in Russian]
- [19] **Bisharyov, A.**, Dolzhenko D., Kalyakulina I., Shevchenko S. Rezul`taty` selekcii mnogoryadny`x sortov yachmenya dlya zasushlivy`x uslovij Srednego Povolzh`ya // Rossijskaya sel`skoxozyajstvennaya nauka, 2025. – №1 – C.14-20. <https://doi.org/10.7868/S3034582025010038> [in Russian]

СОЛТУСТИҚ КАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА КӨПҚАТАРЛЫ КӨКТЕМГІ АРПАНЫҢ (HORDEUM VULGARE L.) ШАРУАШЫЛЫҚ-ҚҰНДЫ БЕЛГІЛЕРІН СЕЛЕКЦИЯЛАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ

Чудинов В.А.¹, Басқарма төрағасының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары

Шпигун В.И.¹, аға ғылыми қызметкер

Волкова Г.О.^{1*}, ғалым хатшы

Савин Т.В.², биология ғылымдарының кандидаты

¹ «Қарабалық ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясы» ЖШС, Научный а., Қазақстан

² «А.И. Бараев атындағы астық ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Ақмола облысы, STEV AGRO ЖШС, Астана, Қазақстан

Аңдатпа. Жаздық арпа Қазақстанда кең таралған дәнді-жемдік дақылдардың бірі болып табылады. Жоғары өнімділікті шаруашылық-құнды белгілер кешенімен үйлестіретін сорттарды жасау селекцияның негізгі бағыттарының бірі болып табылады.

Мақалада «Қарабалықская СХОС» ЖШС жағдайында көпқатарлы жаздық арпаны селекциялау нәтижелері келтірілген. Коллекцияның 290 сортүлгісін зерттеу барысында

шаруашылық-құнды белгілердің көздері анықталып, будандастыру үшін бастапқы материал қалыптастырылды. 21 будандастыру комбинациясы алынды. Бірінші жылғы селекциялық питомникке 14 комбинациядан 72 линия іріктелді. Көпқатарлы арпаның өнімділігі мен оның құрылымдық элементтері арасындағы корреляциялық байланыстарға талдау жүргізіліп, көпқатарлы және екіқатарлы формалардағы корреляциялық байланыстарға салыстырмалы бағалау берілді.

Көпқатарлы арпада өнімділік пен масақтағы дән саны арасында ең айқын оң корреляциялық байланыс анықталды ($r = 0,566$). Бәсекелестік сорт сынағында перспективалы линиялардың өнімділігі 28,7–31,0 ц/га құрап, стандарттың өнімділігі 26,4 ц/га, ал $HCP_{05} = 2,1$ ц/га болды. 2024 жылдан бастап 2115 B02-1935 (USA)/K-2650 гибридті популяциясынан алынған «Искандер» сорты мемлекеттік сорт сынағына берілді. Сорттың орташа өнімділігі 30,4 ц/га, ал ең жоғары өнімділігі 2022 жылғы экологиялық сынақта 72,1 ц/га құрады. Өсімдіктің биіктігі – 59 см, 1000 дәннің массасы – 43,33 г. Сорт *ricotense* түршесіне жатады және Солтүстік Қазақстан жағдайында перспективалы болып табылады.

Тірек сөздер: жаздық арпа, көпқатарлы арпа, будандастыру, селекция, өнімділік, корреляциялық байланыстар, масақтағы дән саны, 1000 дәннің массасы, бәсекелестік сорт сынағы, мемлекеттік сорт сынағы.

BREEDING AND EVALUATION OF AGRONOMICALLY IMPORTANT TRAITS IN MULTI-ROW SPRING BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) UNDER THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

Chudinov V.A.¹, Deputy Chairman of the Board for Research

Shpigun V.I.¹, Senior Researcher

Volkova G.O.^{1*}, Scientific Secretary

Savin T.V.², Candidate of Biological Sciences

¹Karabalyk Agricultural Experimental Station LLC, Nauchny Village, Kazakhstan

²A.I. Barayev Grain Research and Production Center LLC
Akmola Region, STEV AGRO LLC, Astana, Saryarka District,

Annotation. Spring barley is one of the most widely cultivated cereal and feed crops in Kazakhstan. The development of varieties combining high yield with a complex of economically valuable traits is one of the main objectives of plant breeding.

The article presents the results of breeding of six-row spring barley under the conditions of Karabalyk Agricultural Experimental Station LLP. Among 290 accessions of the collection, sources of economically valuable traits were identified and initial material for hybridization was developed. A total of 21 crossing combinations were obtained. In the first-year breeding nursery, 72 lines from 14 combinations were selected. A correlation analysis of the relationships between yield and its structural components in six-row barley was conducted, along with a comparative assessment of correlation relationships in six-row and two-row forms.

It was established that in six-row barley, the strongest positive correlation with yield was observed for the number of grains per spike ($r = 0.566$). In the competitive variety trial, the yield of promising lines ranged from 28.7 to 31.0 c/ha, compared with 26.4 c/ha for the standard, with $LSD_{05} = 2.1$ c/ha. Since 2024, the variety 'Iskander', derived from the hybrid population 2115 B02-1935 (USA)/K-2650, has been submitted for state variety testing. The mean yield of the variety was 30.4 c/ha, with a maximum yield of 72.1 c/ha recorded in the ecological trial in 2022. Plant height was 59 cm, and 1000-grain weight was 43.33 g. The variety belongs to the *ricotense* botanical variety and is of interest for cultivation under the conditions of Northern Kazakhstan.

Keywords: spring barley, six-row barley, hybridization, breeding, yield, correlation relationships, number of grains per spike, 1000-grain weight, competitive variety trial, state variety testing.