

Наталья Михайловна Попова^{1✉}, Андрей Андреевич Чураков²

^{1,2}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹NMPopova@yandex.ru

²a-tjn@ya.ru

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СЕЛЕКЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОЛБЫ В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Цель исследования – изучить биологические особенности голозерных и пленчатых образцов полбы из коллекции ВИР по элементам структуры урожая и его качеству. Задачи: оценить голозерные образцы полбы по продуктивности, качеству зерна, устойчивости к полеганию в полевых условиях; выделить по комплексу признаков ценные из них. Объекты исследования – 18 образцов зерновых культур, в т. ч. два сорта яровой твердой пшеницы, используемые в качестве стандартов, два сорта полбы, три образца яровой пленчатой полбы. Из числа голозерных форм полбы были привлечены образцы, созданные В.Д. Кобылянским и А.Ф. Мережкой. После уборки определяли элементы структуры урожая, качество зерна, урожайность, степень ее варьирования, коэффициент экологической пластичности и адаптации. Доказано, что различные параметры высоты растений у изученных образцов голозерной и пленчатой полбы не оказывают влияние на повышенную устойчивость к полеганию посевов. Выделено 7 образцов полбы, сочетающие хозяйственно ценные признаки для использования в практической селекции. При испытании 11 голозерных образцов полбы в трех контрастных пунктах высокую экологическую пластичность ($b_i = 1,38-2,19$) показали 7 образцов. Продуктивность полбы в основном была связана с продуктивной кустистостью и количеством колосков и зерен в колосе. Вместе с тем у голозерных образцов не наблюдалось существенного влияния отдельных элементов продуктивности на урожай зерна. Корреляционный анализ изучаемых образцов полбы позволил сузить группу селекционных признаков, имеющих сильную взаимосвязь с урожайностью.

Ключевые слова: *Triticum dicoccum* (schrank) schuebl., элементы продуктивности, содержание белка, урожайность, экологическая пластичность, корреляция

Для цитирования: Попова Н.М., Чураков А.А. Биологические особенности и селекционное значение полбы в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11. С. 49–57. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-49-57.

Natalya Mikhailovna Popova^{1✉}, Andrey Andreevich Churakov²

^{1,2}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹NMPopova@yandex.ru

²a-tjn@ya.ru

BIOLOGICAL FEATURES AND SELECTION VALUE OF SPELT UNDER KRASNOYARSK FOREST-STEPPE CONDITIONS

The objective of the study is to investigate biological characteristics of naked and hulled spelt accessions from the VIR collection in terms of yield structure elements and quality. Objectives: to evaluate naked spelt accessions in terms of productivity, grain quality, lodging resistance in the field; to identify valuable accessions based on a set of traits. The objects of the study were 18 grain crop accessions, including two varieties of spring durum wheat used as standards, two spelt varieties, and three accessions of spring

hulled spelt. Accessions created by V.D. Kobilyansky and A.F. Merezhko were included among naked spelt forms. After harvesting, the elements of crop structure, grain quality, yield, degree of its variation, and coefficient of ecological plasticity and adaptation were determined. It was proven that various plant height parameters in the studied naked and hulled spelt accessions do not affect the increased lodging resistance of crops. Seven spelt accessions combining economically valuable traits were identified for use in practical breeding. When testing 11 naked spelt samples in three contrasting points, 7 samples showed high ecological plasticity ($b_i = 1.38-2.19$). The productivity of spelt was mainly associated with productive tillering and the number of spikelets and grains in the spike. At the same time, in naked samples, no significant influence of individual productivity elements on the grain yield was observed. Correlation analysis of the studied spelt samples allowed us to narrow the group of selection traits that have a strong relationship with productivity.

Keywords: *Triticum dicoccum (schrank) schuebl., productivity elements, protein content, productivity, ecological plasticity, correlation*

For citation: *Popova N.M, Churakov A.A. Biological features and selection value of spelt under Krasnoyarsk forest-steppe conditions // Bulliten KrasSAU. 2024;(11): 49–57 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-49-57.*

Введение. Полба является одной из древнейших сельскохозяйственных культур на Земле. В процессе приспособляемости растения полбы сохранили в себе устойчивость к недостатку тепла, почвенной влаге и комплексу различной природы заболеваний. Полба считается одной из первых окультуренных полиплоидных пшениц, продукты ее переработки крупка, шрот, мука используются для приготовления каш и разных видов выпечки. Используемая в селекционном процессе полба в основном представлена яровыми формами и имеет ряд преимуществ, таких как адаптивность к абиотическим и биотическим стрессам, неприхотливость, возможность выращивания при минимальных затратах. Учитывая данный факт, можно прогнозировать широкое внедрение этой культуры на поля России. Поскольку это новая культура для Красноярского края, дающая возможность расширить разнообразие продуктов питания человека и кормление животных и пригодная для выращивания на бедных почвах, без использования удобрений и фунгицидов, то изучение исходного материала полбы и его селекционного значения является актуальным [1–5].

Изучение коллекции пленчатой полбы в сравнении с сортами твердой пшеницы и образцами голозерной полбы в условиях Красноярской лесостепи ранее не проводилось. В результате длительной работы Красноярским научно-исследовательским институтом сельского хозяйства был получен сорт Ракета, выведенный в результате скрещивания продуктивного, сравнительно позднезрелого сорта Гордеиформе 27 с гибридом полбы и Гордеиформе 27, а также путем последующего многократного индивидуального отбора. Образец полбы был по-

лучен от бывшей Забайкальской опытной станции под названием «полба желтоколосая», которая характеризовалась засухоустойчивостью, относительной скороспелостью, холодостойкостью, устойчивостью к полеганию и болезням. В 1967 г. этот сорт высевался в Красноярском крае на площади около 20 тыс. гектаров [6]. Созданный К.В. Дергачевым сорт Ракета обладал такими ценными признаками, как устойчивость к вредителям и болезням, скороспелость. Селекционная практика имеет много примеров успешного использования хозяйственно ценных признаков полбы для улучшения современных высокопродуктивных сортов пшеницы [7, 8]. А в связи с растущей популярностью полбы, как экологически чистой и диетически ценной культуры, у нас и за рубежом предпринимается активная исследовательская деятельность как в области ее генетического совершенствования, так и в области переработки [9, 10].

Цель исследования – изучение биологических особенностей голозерных и пленчатых образцов полбы из коллекции ВИР по элементам структуры урожая, его качеству для использования в скрещиваниях с твердой и мягкой пшеницей в условиях Красноярской лесостепи.

Задачи: оценить голозерные образцы полбы по продуктивности, качеству зерна и устойчивости к полеганию в полевых условиях и выделить по комплексу признаков ценные из них.

Объекты и методы. Полевые опыты закладывали в селекционном севообороте, расположенном в лесостепной зоне Красноярского края, в 2011–2014 гг. Учетная площадь делянки – 1 м². Предшественником в годы исследований служил чистый пар. Посев проводили в оптимальные для культуры сроки (II декада мая), в

4-кратной повторности с нормой высева 550 всхожих зерен/м². Исследование устойчивости к полеганию и фенологические наблюдения осуществляли согласно методическим указаниям ВИР (ГОСТ-520-2014. Межгосударственный стандарт по определению массы 1000 зерен. Зерновые и бобовые культуры. М.: Стандартинформ, 2015). Объектами исследований служили 2 образца твердой пшеницы, один из которых использовали в качестве стандарта, 5 образцов пленчатой и 11 образцов голозерной полбы из мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова. Исследования проводили на почве чернозем обыкновенный маломощный, с содержанием гумуса (по Тюрину) 6,33 %; N-NO₃ (ионометрический экспресс-метод) – 8–10 мг/100 г почвы; P₂O₅ и K₂O (по Мачигину) – 4,0 и 24,9 мг/100 г почвы соответственно, реакцией почвенного раствора – нейтральной (рН – 6,2). В лабораторных условиях определяли элементы структуры урожая – высоту растений, общую и продуктивную кустистость, длину колоса, число колосков одного растения, число зерен одного растения, массу одного растения, массу зерна с одного растения, общий вес зерна (г/м²). Качество зерна исследуемых образцов оценивали в лабораторных условиях по следующим показателям: масса 1000 зерен (ГОСТ-10846-91. Межгосударственный стандарт. Зерно и продукты его переработки. М.: Стандартинформ, 2009), содержание белка (%). Варьирование признака (Cv, %) – по Б.А. Доспехову [11]. Коэффициент регрессии генотипа на среду b_i определяли по S.A. Eberhart и W.A. Russel [12], коэффициент адаптации – по Г.В. Козубовской с соавт. [13]. Математическую обработку проводили методом факторного анализа с использованием программы STATISTICA 13.0 [14].

Погодные условия в годы проведения опытов были контрастными и имели свои особенности. По тепло-влажностности более благоприятные условия сложились в 2011, 2013 и 2014 гг. (ГТК – 1,30–1,94), при этом острый дефицит осадков наблюдался в 2012 г. (ГТК – 0,67).

Результаты и их обсуждение. В задачи исследований входило оценить голозерные образцы полбы по продуктивности, качеству зерна и устойчивости к полеганию в полевых условиях и выделить по комплексу признаков ценные из них.

Селекционная работа с зерновыми культурами в Сибири направлена на создание ранне-спелых сортов [1, 2]. По продолжительности вегетационного периода изученные нами образцы полбы в сравнении со стандартным сор-

том Омская степная, который отнесен к группе среднеранних, и в сравнении с сортом твердой пшеницы Ракета, отнесенным к группе средне-спелых, позволило отнести образцы голозерной полбы Л 68/10, Л 69/10, Л 70/10, Л 71/10, Л 72/10, Л 73/10, Л 74/10 к группе среднеранних, а голозерный образец Л 133 × Белка и все пленчатые формы – к группе среднеспелых.

Высота растений как важный признак значительно варьирует по годам и является генетической принадлежностью сорта. В наших опытах все голозерные образцы отличались высокорослостью и превышали значения стандартного сорта.

Полегание посевов зерновых культур является одним из важнейших препятствий в повышении урожайности и его качества. Наибольшей устойчивостью к полеганию характеризуются стандартный сорт Омская степная и все голозерные полбы. Пленчатые образцы уступали голозерным по устойчивости к полеганию.

Продуктивная кустистость как элемент структуры урожая играет важную роль в его формировании. В наших опытах наиболее высокая продуктивная кустистость выявлена у одного голозерного образца Л 133 и у всех пленчатых форм.

В благоприятных условиях увлажнения и питания зерновых культур в период от всходов до выхода в трубку они способны сформировать повышенное число зерен в главном колосе. Самое высокое число зерен главного колоса за все годы исследований формировал стандартный сорт Омская степная, при этом все остальные образцы уступали ему по данному признаку.

По массе зерна с одного растения заслуживает внимания один образец Л 69/10, масса зерна которого составила 2,19 г, что превышает показатели стандарта. Остальные изучаемые нами образцы уступили по продуктивности одного растения стандартному сорту Омская степная.

Коэффициент хозяйственной эффективности является одним из наиболее важных показателей в селекции, его значение возрастает при создании интенсивных сортов с высокой зерновой продуктивностью. По этому показателю изучаемые образцы полбы не имели превосходства перед стандартным сортом Омская степная, к которому приближается только сорт твердой пшеницы Ракета.

Масса 1000 зерен является одним из важных показателей при формировании урожайности и технологических свойств зерна. По данному признаку нами выделены голозерные образцы Л 70/10 и другие.

Выведение сортов с возможно более высокой урожайностью для определенных климатических условий относится к одной из основных задач селекции. По данному показателю из голозерных образцов выделены Л 71/10, Л 74/10, Л 133 × Белка, Л 196/3 × Л-13 и Л 133 × Пкк, сформировавшие урожай 236–276 г/м². Выделились и значительно превысили стандарт пленчатые образцы полбы, достоверно превысившие по урожаю стандартный сорт образцы: К-24482, Белка, Руно (117–153 г/м²).

Из химических свойств зерна первостепенное значение имеет содержание и качество белка. Повышенным содержанием белка в зерне характеризовались пленчатые и голозерные полбы, что указывает на их перспективность в селекции на качество зерна. Валовый сбор белка с единицы площади связан с уровнем урожайности и содержанием белка в зерне. Наиболее высокий валовый сбор был получен нами у пленчатых образцов Белка, Руно, превышающих по этому показателю стандартный сорт в среднем на 30 г/м².

По результатам полевых и лабораторных исследований нами выделены перспективные об-

разцы полбы, обладающие комплексом ценных селекционных признаков, особого внимания в селекции полбы и пшеницы заслуживают следующие образцы: Омская степная – число зерен главного колоса, масса зерна с одного растения, коэффициент хозяйственной эффективности; Л 69/10 – коэффициент хозяйственной эффективности, устойчивость к полеганию; Л 70/10 – масса 1000 зерен, устойчивость к полеганию; Л 71/10 – масса 1000 зерен, устойчивость к полеганию; Ракета – коэффициент хозяйственной эффективности; К-7508 – скороспелость, продуктивная кустистость, содержание белка; Белка – скороспелость, продуктивная кустистость, урожайность, содержание белка, валовый сбор белка; Руно – продуктивная кустистость, урожайность, содержание белка, валовый сбор белка.

В процессе исследований определены экологическая пластичность и стабильность образцов пленчатой и голозерной полбы. Оценка 18 образцов полбы за 2011–2014 гг. по паровому предшественнику показала различный уровень урожайности, экологической пластичности и стабильности (табл. 1).

Таблица 1

Экологическая пластичность и стабильность образцов полбы

Образец полбы	Средняя урожайность по годам испытания, г/м ²					b _i	s _i	КА
	2011	2012	2013	2014	Y _i			
Омская степная (стандарт)	248	275	222	200	236	-0,37	952	1,12
Ракета	271	108	279	285	236	1,27	11554	1,32
Л 68/10	278	65	278	220	210	1,42	14398	0,94
Л 69/10	231	81	273	223	202	1,22	10645	0,88
Л 70/10	278	64	303	237	221	1,55	17135	1,00
Л 71/10	287	84	312	260	236	1,51	16233	1,18
Л 72/10	305	84	300	204	223	1,36	13084	0,83
Л 73/10	296	97	268	234	224	1,23	10707	0,81
Л 74/10	305	63	303	245	229	1,62	18762	0,87
Л 133 × Белка	236	165	249	212	216	0,52	1943	0,94
Л 196/3 × Л-13	284	181	356	281	276	1,00	7091	0,90
Л 133 × Пкк	257	118	314	289	245	1,30	12001	0,91
Д-733	234	108	247	257	212	1,04	7718	0,90
К-33153	218	166	249	335	242	0,81	4642	0,98
К-7508	168	162	224	358	228	0,74	3872	1,10
К-24482	248	154	245	398	261	1,09	8534	1,04
Белка	278	284	332	260	289	0,12	97	1,31
Руно	273	193	314	455	309	1,22	10559	0,96
Индекс условий среды I _j	23	-102	44	37	×	×	×	×

Наиболее благоприятные условия сложились в 2013 и 2014 г. ($I_j = 37-44$); 2012 г. был самым неблагоприятным за все годы исследований ($I_j = -102$). При этом наибольшую пластичность ($b_i = 1,22-1,62$), т. е. отзывчивость на высокий уровень агротехники, в различные по условиям годы показали все голозерные образцы, особенно Л 68/10, Л 69/10, Л 70/10 и другие, голозерная линия полбы – Л 133×Пкк ($b_i = 1,30$), а также сорт твердой пшеницы Ракета ($b_i = 1,27$). Указанные образцы показывают максимум отдачи по продуктивности в благоприятных условиях произрастания, а значит, их можно использовать в селекции интенсивных сортов. Слабую реакцию на условия внешней среды и низкую экологическую пластичность продемонстрировали образцы пленчатой полбы К-33153 и К-7508 ($b_i = 0,74-0,81$) и голозерная линия Л 133 × Белка ($b_i = 0,52$). Данные образцы отнесены нами к экстенсивным формам. Полное соответствие изменениям урожайности сорта и условиям выращивания отмечено у образцов голозерной полбы Л 196/3 × Л-13 и Д-733 ($b_i = 1,00-1,04$). При этом стабильные урожаи в различные по условиям годы ($s_i = 97-1943$)

формировали стандартный сорт твердой пшеницы Омская степная, голозерная линия Л 133 × Белка и сорт пленчатой полбы Белка. Это является свидетельством того, что указанные образцы в неблагоприятных условиях формируют более стабильные урожаи по сравнению с остальными селекционными линиями.

В наших опытах коэффициент адаптации (КА) выше 1,0 во все годы проведения исследований, отмечен у образца Белка, который отличался одновременно и повышенной стабильностью.

По результатам ранжирования всех изучаемых образцов полбы методом дисперсионного анализа по Фридману за все годы исследований наиболее высокое среднее значение ранга было у голозерных образцов Л 69/10 (14,00), Л 74/10 (12,13), Л 133 × Белка (11,75) и пленчатого образца Белка (11,75). Указанные образцы по совокупности селекционных признаков (высота растений, общее и продуктивное кущение, длина колоса, число колосков и зерен в колосе, масса 1 растения, масса зерна с растения) превосходили стандарт Омская степная (11,63) и представляют наибольшую ценность в селекции полб и твердой пшеницы (табл. 2).

Таблица 2

Результаты ранжирования образцов полбы методом дисперсионного анализа по Фридману

Образец полбы	Среднее значение ранга	Сумма рангов	Среднее	Ст. откл.
Л 69/10	14,00	93,00	18,86	28,96
Белка	12,13	71,00	18,49	29,54
Л 74/10	11,75	112,00	19,80	31,29
Л133 × Белка	11,75	65,00	18,76	30,69
Омская степная	11,63	90,00	19,16	30,89
Л 72/10	11,50	92,00	19,28	31,20
Л 71/10	11,25	83,00	18,82	30,11
Л 73/10	10,38	94,00	19,53	31,48
Ракета	9,94	94,00	19,51	33,13
Д-733	9,75	60,00	18,93	32,56
Л 68/10	8,88	57,50	17,22	28,92
Л 70/10	8,13	78,00	18,75	31,72
К-7508	7,63	79,50	17,86	28,14
Л196/3 × Л-13	7,50	43,00	15,65	27,18
Л133 × Пкк	7,19	61,00	16,47	28,33
Руно	6,50	46,00	15,93	28,38
К-24482	5,75	97,00	20,72	36,41
К-33153	5,38	52,00	15,59	26,53

Примечание: ДА хи-кв. ($N = 8, cc = 17$) = 29,50161, $p = 0,03018$.

Применив метод вращения варимакс, было получено два фактора, определяющих продуктивность полбы в Красноярской лесостепи. Однако количество хозяйственно значимых элементов, составляющих выявленные факторы, изменяется в зависимости от года вегетации культуры (табл. 3). В 2011 г. первый фактор составили признаки: масса зерна с растения, число семян, масса растения. Второй фактор определяют показатели общей и продуктивной кустистости. На долю описываемых факторов пришлось 59 процентов общей дисперсии проанализированной корреляционной матрицы. В 2012 г. на долю описываемых факторов пришлось 76 % общей дисперсии. Количество слагающих первый фактор элементов структуры увеличилось за счет длины колоса и числа колосков. Доминирующими признаками стали число семян и число колосков. Второй фактор составили показатели, характеризующие кущение полбы. Эти элементы структуры определили второй фактор и в 2013 г. Они отличались только доминирующим эффектом в зависимости от года изучения. В 2011 и 2013 гг. это была общая кустистость, в 2012 г. – продуктивная. Количество слагающих первый фактор хозяйственных признаков в 2013 г. было минимальным и состояло из числа колосков и семян. На долю описываемых факторов пришлось 75 % общей дисперсии. Состав значимых признаков, определяющих первый фактор в 2014 г., существенно изменился. Максимальную нагрузку имели признаки, определяющие интенсивность кущения культуры, масса растения и масса семян с растения дополни-

ли фактор. Второй фактор составили расположенные в порядке убывания значимости число семян, число колосков, длина колоса. Таким образом, первый признак характеризовал степень общего развития растений, а второй – его продуктивности. На долю описанных факторов пришлось 72 % общей дисперсии.

В среднем за годы изучения (2011–2014 гг.) на долю факторов пришлось 62 % общей дисперсии. К первому фактору принадлежат признаки, определяющие вегетативное развитие полбы в первой половине вегетации, – общая и продуктивная кустистость. Доминирующим признаком является продуктивная кустистость, второстепенным – общая. Второй фактор характеризует развитие продуктивности через признаки число колосков и семян. Количество семян в колосе является доминирующим признаком.

Очевидно, продуктивность полбы в Красноярской лесостепи определяется погодными условиями, складывающимися в период от посева до формирования узла кущения. В это время проходят первый и второй этапы органогенеза [15], формируются показатели общей и продуктивной кустистости (фактор 1). Второй критический период охватывает время от выхода в трубку до опыления (4–9-е этапы органогенеза), закладываются количество колосков и озерненность колоса (фактор 2). Таким образом, продуктивность полбы связана с интенсивностью развития вегетативной массы (кустистостью) и репродуктивностью колоса (количество колосков и зерновок).

Таблица 3

Матрица факторных нагрузок (варимакс) для изученных переменных

Элемент структуры	Фактор 1					Фактор 2				
	2011	2012	2013	2014	За период 2011–2014	2011	2012	2013	2014	За период 2011–2014
Высота растений	0,24	0,50	0,66	0,24	-0,33	-0,43	0,08	-0,02	0,39	0,42
Общая кустистость	0,10	-0,12	-0,02	0,90	0,90	0,84	-0,92	0,96	-0,10	-0,06
Продуктивная кустистость	0,09	-0,01	-0,07	0,94	0,92	0,83	-0,95	0,96	-0,06	-0,02
Длина колоса	0,69	0,79	0,66	0,10	0,06	0,05	0,21	0,09	0,74	0,68
Число колосков	0,40	0,91	0,87	0,05	-0,23	-0,59	0,13	-0,14	0,91	0,75
Число семян	0,80	0,92	0,86	0,08	0,10	-0,40	0,13	0,18	0,91	0,89
Масса одного растения	0,77	0,78	0,62	0,84	0,66	0,19	-0,53	0,70	0,38	0,64
Масса зерна с растения	0,80	0,74	0,59	0,75	0,67	0,21	-0,51	0,69	0,46	0,60
Общая дисперсия	2,58	3,71	3,10	3,05	2,78	2,16	2,39	2,87	2,73	2,77
Доля общей дисперсии	0,32	0,46	0,39	0,38	0,31	0,27	0,30	0,36	0,34	0,31

Примечание: жирным шрифтом выделены значимые на уровне $p > 0,700$ коэффициенты.

Расчет корреляционных связей показывает, что ведущее значение в формировании урожая зерна во все годы исследований голозерных и пленчатых образцов отличалось. У голозерных образцов было отмечено достоверное среднее

влияние вегетационного периода ($r = -0,416$), коэффициента хозяйственной годности ($r = 0,360$) и массы 1000 зерен ($r = -0,325$), при сильной взаимосвязи валового сбора белка и урожайности (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции селекционных признаков с урожайностью

Признак	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации
Голозерные образцы		
Вегетационный период	-0,416*	17,3
Высота	0,079	0,62
Устойчивость к полеганию	-0,214	4,58
Продуктивное кущение	0,107	1,14
Число зерен главного колоса	-0,110	1,21
Масса зерна с колоса	-0,316	9,98
Коэффициент хозяйственной годности	0,360*	12,96
Масса 1000 зерен	-0,325*	10,56
Содержание белка	-0,296	8,76
Валовый сбор белка	0,923*	85,2
Пленчатые образцы		
Вегетационный период	0,002	0,0004
Высота	0,479*	22,9
Устойчивость к полеганию	0,710*	50,41
Продуктивное кущение	-0,213	4,54
Число зерен главного колоса	0,704*	49,6
Масса зерна с колоса	0,893*	79,7
Коэффициент хозяйственной годности	0,957*	91,6
Масса 1000 зерен	-0,136	1,84
Содержание белка	0,083	0,68
Валовый сбор белка	0,990*	98,0

*Значения достоверны при $p \leq 0,05$.

У пленчатых образцов среднее влияние на формирование урожайности оказывало число зерен главного колоса ($r = 0,704$), сильно влияла масса зерна с растения. Несмотря на сильное варьирование признака масса зерна с растения, у пленчатых образцов полбы нами отмечена высокая достоверная взаимосвязь с урожайностью ($r = 0,893$). Также наблюдалась взаимосвязь урожайности с устойчивостью к полеганию, коэффициентом хозяйственной эффективности, валовым сбором белка с единицы площади.

Заключение. Различные параметры высоты растений у изученных образцов голозерной и пленчатой полбы не оказывают влияния на повышенную устойчивость к полеганию посевов. В сравнении со стандартом Омская степная и образцами голозерной полбы все пленчатые образцы уступали по устойчивости к полеганию, несмотря на низкую высоту растений.

Выделены образцы полбы, сочетающие хозяйственно ценные признаки для использования в практической селекции: Омская степная – число зерен главного колоса, масса зерна с одного растения, коэффициент хозяйственной эффективности; Л 69/10 – коэффициент хозяйственной эффективности, устойчивость к полеганию; Л 70/10 – масса 1000 зерен, устойчивость к полеганию; Л 71/10 – масса 1000 зерен, устойчивость к полеганию; К-7508 – скороспелость, продуктивная кустистость, содержание белка; Белка – скороспелость, продуктивная кустистость, урожайность, содержание белка, валовый сбор белка; Руно – продуктивная кустистость, урожайность, содержание белка, валовый сбор белка.

Выявлено отсутствие прямой зависимости урожайности от степени поражения корневой гнилью как пленчатых, так и голозерных образ-

цов полбы и отмечается поражение корневыми гнилями в большей степени у голозерных образцов полбы.

Метод вращения варимакс показал, что продуктивность полбы в основном связана с продуктивной кустистостью и количеством колосков и зерен в колосе. Корреляционный анализ изучаемых образцов позволил выделить группы селекционных признаков, имеющих сильную взаимосвязь. У голозерных образцов к ним отнесены общее и продуктивное кушение, масса зерна одного растения с общей и продуктивной кустистостью, длиной колоса и числом зерен в нем. У пленчатых образцов полбы наибольшее влияние на продуктивность оказали общее и продуктивное кушение, длина колоса, число зерен и колосков в нем. У голозерных образцов полбы не выявлено существенного влияния отдельных элементов продуктивности на урожайность зерна. При этом у пленчатых образцов среднее влияние на формирование продуктивности оказывало число зерен главного колоса ($r = 0,704$), сильное влияние – масса зерна с колоса ($r = 0,893$), наблюдалась взаимосвязь урожайности с устойчивостью к полеганию ($r = 0,710$), коэффициентом хозяйственной эффективности ($r = 0,957$).

Список источников

1. Кобылянский В.Д., Сурин Н.А., Попова Н.М. Агробиологическая оценка голозерной полбы в условиях Красноярской лесостепи // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-3. С. 601–605.
2. Лихенко Е.И. Селекция сельскохозяйственных культур в Сибири: традиции, настоящее, будущее // Инновации и продовольственная безопасность. 2013. № 1 (1). С. 31–42.
3. Митрофанова О.П., Хакимова А.Г., Лысенко Н.С. Возвращение полбы // Селекция, семеноводство и генетика. 2016. № 5 (11). С. 44–45.
4. Смекалова Т.Н., Кобылянский В.Д. Некоторые аспекты систематики голозерной полбы *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl // Хлеба будущего: геномика, генетика, селекция: мат-лы междунар. конф. СПб., 2019. С. 125.
5. Popova N.M. Ecological plasticity and stability of spelt wheat samples under Krasnoyarsk forest-steppe. *Conditions IOP Conference Se-*

ries: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled, 2022, 981 (2), 022029.

6. Дергачев К.В. Некоторые результаты селекции твердой пшеницы в Красноярском НИИСХ // Тр. Красноярского НИИСХ. 1969. Т. 1. С. 25–29.
7. Пшеницы мира / В.Ф. Дорофеев [и др.]. Л.: Агропромиздат, 1987. 401 с.
8. *Cubadda R., Marconi E. Pseudocereals and less Common Cereals*. Springer, Berlin: 2002. P. 153–175.
9. Bonafaccia G., et al. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chemistry*. 2000. № 68 (4). P. 437–441. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00215-0.
10. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР Россельхозакадемии, 2012. 63 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
12. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. 6 (1) P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
13. Козубовская Г.В., Козубовская О.Ю., Балакшина В.И. Формирование продуктивности сортов ярового ячменя в сухостепной зоне Волгоградской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. № 178 (3). С. 15–19.
14. Хижняк С.В. Математические методы в агроэкологии и биологии / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2019. 240 с.
15. Куперман Ф.М. Физиология развития, роста и органогенеза пшениц // Физиология сельскохозяйственных растений. М.: МГУ, 1969. С. 7–203.

References

1. Kobylyanskij V.D., Surin N.A., Popova N.M. Agrobiologicheskaya ocenka golozernoj polby v usloviyah Krasnoyarskoj lesostepi // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. № 10-3. S. 601–605.
2. Lihenko E.I. Selekcija sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Sibiri: tradicii, nastoyaschee, buduschee // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'. 2013. № 1 (1). S. 31–42.

3. *Mitrofanova O.P., Hakimova A.G., Lysenko N.S.* Vozvrashchenie polby // Selekcija, semenovodstvo i genetika. 2016. № 5 (11). S. 44–45.
4. *Smekalova T.N., Kobylyanskij V.D.* Nekotorye aspekty sistematiki golozernoj polby *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl // Hleba buduschego: genomika, genetika, selekcija: mat-ly mezhdunar. konf. SPb., 2019. S. 125.
5. *Popova N.M.* Ecological plasticity and stability of spelt wheat samples under Krasnoyarsk forest-steppe. *Sonditions IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciencethis link is disabled*, 2022, 981 (2), 022029.
6. *Dergachev K.V.* Nekotorye rezul'taty selekcii tverdoj pshenicy v Krasnoyarskom NNISH // Tr. Krasnoyarskogo NIISH. 1969. T. 1. S. 25–29.
7. *Pshenicy mira / V.F. Dorofeev* [i dr.]. L.: Agropromizdat, 1987. 401 s.
8. *Cubadda R., Marconi E.* Pseudocereals and less Common Cereals. Springer, Berlin: 2002. P. 153–175.
9. *Bonafaccia G., et al.* Characterstics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chemistry*. 2000. № 68 (4). P. 437–441. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00215-0.
10. *Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V.* Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohranenyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsy. SPb.: VIR Rossel'hozakademii, 2012. 63 s.
11. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 s.
12. *Eberhart S.A., Russell W.A.* Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. 6 (1) P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci.1966.0011183X000600010011x.
13. *Kozubovskaya G.V., Kozubovskaya O.Yu., Balakshina V.I.* Formirovanie produktivnosti sortov yarovogo yachmenya v suhostepnoj zone Volgogradskoj oblasti // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2017. № 178 (3). S. 15–19.
14. *Hizhnyak S.V.* Matematicheskie metody v agro`ekologii i biologii / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2019. 240 s.
15. *Kuperman F.M.* Fiziologiya razvitiya, rosta i organogeneza pshenic // Fiziologiya sel'skohozyajstvennyh rastenij. M.: MGU, 1969. S. 7–203.

Статья принята к публикации 18.09.2024 / The paper accepted for publication 18.09.2024.

Информация об авторах:

Наталья Михайловна Попова¹, научный сотрудник научно-исследовательского центра селекции и семеноводства

Андрей Андреевич Чураков², директор научно-исследовательского центра селекции и семеноводства, кандидат сельскохозяйственных наук

Data on authors:

Natalya Mikhailovna Popova¹, Researcher at the Research Center for Selection and Seed Production
Andrey Andreevich Churakov², Director of the Research Center for Selection and Seed Production, Candidate of Agricultural Sciences