

10. Фоменко, М.А. Трансгрессивная изменчивость и продуктивность у озимой мягкой пшеницы / М.А. Фоменко, А.И. Грабовец // Вестник аграрной науки Дона. – 2012. – № 3 (19). – С.47-53.

TRANSGRESSION OF CHARACTERS OF AVENA SATIVA HYBRIDS AND BREEDING FOR PRODUCTIVITY

A.A. Trushko, S.P. Khaletsky

The paper deals with the results of transgressive variation in terms of a plant height and yield structure (weight of 1000 grains, number of grains per panicle, productive tilling capacity) with the use of a diallel crossing method. The most prospective varieties for breeding are identified.

УДК 633.14:324.631.55(476)

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ПЕНТОЗАНОВ В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ РЖИ В СЕЛЕКЦИИ НА КАЧЕСТВО

Д.Ю. Артюх, ст. научный сотрудник, **Э.П. Урбан**, доктор с.-х. наук,

О.Н. Карпович, Т.В. Ровдо, научные сотрудники,

М.М. Горовая, Ю.С. Соловей, мл. научные сотрудники

Научно-практический Центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 26.02.2019)

Рецензент: Лужинский Д.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты проведенной фенотипической оценки содержания пентозанов в зерне озимой ржи. По результатам исследований выделены перспективные генотипы-источники ценных аллелей генов высокого и низкого содержания водорастворимых пентозанов, сформированы высокопентозановая и низкопентозановая синтетические популяции с различным проявлением гетерозисного эффекта основных хозяйственно-полезных признаков качества углеводно-амилазного и белкового комплексов зерна.

Введение. В Республике Беларусь и некоторых странах Европы (Германии, Польше, России, Дании, Украине), в так называемых странах «ржаного пояса», рожь наряду с пшеницей является ведущей продовольственной культурой. Создание сортов озимой ржи различного хозяйственного использования – приоритетная задача селекции. Главным показателем, определяющим дифференциацию направления диверсификации зерна ржи, служит его качественный состав и содержание некрахмальных полисахаридов (пентозанов). Важной особенностью зерна озимой ржи является относительно высокое содержание в нем пентозанов [1]. По отношению к воде их подразделяют на водорастворимые и водонерастворимые. Водонерастворимые пентозаны (ВНП) большей частью содержатся в оболочках клеток, а водорастворимые (ВРП) – внутри их содержимого, но более точное расположение и соотношение между ними пока не определено. Есть данные, что на долю ВРП в структуре суммарных пентозанов приходится 20-38% [2].

Целью нашей работы стало проведение фенотипической оценки содержания пентозанов в зерне ржи на гибридном уровне, а также выделение перспективных генотипов-источников ценных аллелей генов высокого и низкого содержания водорастворимых пентозанов в зерне. Многочисленными исследованиями российских и других зарубежных авторов доказано, что в зерне ржи в значительном количестве содержатся водорастворимые пентозаны, вызывающие расстройство пищеварения животных и снижающие переваримость питательных веществ [3-7]. Благодаря наличию арабиноксилановой фракции они очень гидрофильны и могут образовывать вязкие растворы [8]. Вследствие формирования стойких комплексов с белковыми веществами повышается вязкость водно-мучных суспензий и, соответственно, ржаного теста, что, несомненно, оказывает большое влияние на его физические свойства [9]. Таким образом, эти вещества являются важными при хлебопечении, так как связывают воду при замесе теста, увеличивают его вязкость и улучшают физические свойства [10], но становятся негативным фактором при наличии их в фуражном зерне ржи. Их суммарное содержание в зерне ржи варьирует от 7,0 до 13,0% [11]. Их ценным свойством является способность давать высоковязкие водные растворы, что очень важно в технологии приготовления ржаного теста [12]. Польские исследователи [13] показали наличие высокой корреляции между содержанием водорастворимых пентозанов (арабиноксиланов) и вязкостью экстракта ржи. Ими было установлено, что потенциал вязкости водного экстракта (ВВЭ) зернового шрота находится в прямой зависимости от содержания водорастворимых пентозанов в зерне ржи ($r=0,97$). Это послужило основанием для использования его в качестве косвенного показателя их количественного содержания. Вязкость водного экстракта зернового шрота стала интегральным показателем как для определения хлебопекарных качеств селекционного материала ржи, так и для выявления кормовых достоинств ее зерна, разграничивая линии ржи хлебопекарного и кормового направления [14].

Как содержание водорастворимых пентозанов, так и уровень вязкости водного экстракта, обусловлены как генотипическими [15, 16], так и средовыми факторами [17, 18]. Установлено, что фенотипическая изменчивость этого признака зависит от количества осадков, выпавших после колошения ржи (t от -0,62 до -0,76), а также от типа почвы, технологии возделывания, времени созревания урожая, условий и срока его хранения [19]. Как показали исследования российских ученых, наибольшая дифференцирующая способность проявляется в годы, когда в период налива складываются оптимальные и среднезасушливые погодные условия, которые наиболее благоприятны для селекции на этот признак [20].

Условия и методика проведения исследований. Для исследований озимой ржи по углеводно-амилазному и белковому комплексу в связи с селекцией на целевое использование привлекали межлинейные и сортолинейные гибриды F_1 , полученные на основе ряда сортов, обладающих высокой ВВЭ: гибридные (18,2-19,6 сПа) – *Плиса*, *Аскар*, *Бона*; популяционные сорта с более низким значением этого признака (13,0-15,5 сПа) – *Лота*, *Офелия*, *Паўлінка*. В создании межлинейных гибридов участвовали зимостойкие и высокопродуктивные

линии, созданные в лаборатории озимой ржи в течение 2005-2014 гг. В качестве стандарта использовался популяционный сорт *Офелия*. Посев проводили в оптимальные сроки (15-25 сентября), площадь деланки – 6 м², норма высева – 300 зерен/м², повторность 3-х кратная. Подкормка азотными удобрениями проведена в 2 этапа: 60 кг в стадию ДК 25 и 30 кг в стадию ДК 31-32.

Наблюдения, оценки и учеты проводили в соответствии с «Методическими указаниями по селекции и семеноводству озимой ржи» (1980). Биохимический анализ зерна проведен в отделе биохимии и биотехнологии. Зерно было оценено по числу падения (ЧП), вязкости водорастворимых экстрактов (ВВЭ), скорости клейстеризации крахмала (Vg), содержанию белка. Число падения измеряли по методике Хагберга-Пертена на автоматическом приборе фирмы «Falling Number 1500» (Швеция), а максимальную вязкость суспензии оценивали по высоте амилограммы (h) на амилографе фирмы «Brabender-E» (Германия). Содержание белка в зерне определяли методом Къельдаля, натуру зерна микропуркой на 100 мл зерна, вязкость водорастворимых экстрактов (ВВЭ) – косвенно по результатам амилалитической оценки образцов. Размол зерна проводился на лабораторной мельнице «Pertin ML2100» (Швеция). Отбор низкопентозановых форм по тонкопокровности зерна проводился визуально (оболочки низкопентозановых форм выглядят более гладкими, прозрачными, стекловидными).

Математическая обработка результатов исследований проведена методами дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (1979).

Метеорологические условия в осенне-весенний период за годы исследований (2016-2018 гг.) в целом были благоприятными для роста и развития растений, способствовали дружному кущению в сентябре-октябре и отличной закалке в ноябре. Достаточное количество снега в зимний период способствовало хорошему возобновлению вегетации. Хорошие условия перезимовки не повлияли на распространение снежной плесени на посевах. Температура воздуха в период возобновления вегетации была выше нормы. За годы исследований наблюдалось превышение среднесуточных температур воздуха среднегогодового уровня на фоне дефицита влаги во второй, третьей декадах апреля и первой, второй декадах мая. Массовое цветение и созревание озимой ржи проходило в благоприятных условиях, что положительно отразилось на фертильности колоса и массе 1000 зерен, тогда как в июле наблюдалось интенсивное выпадение осадков и небольшое превышение температуры воздуха среднегогодовых значений, что приводило к незначительному полеганию посевов и частичному прорастанию зерна в колосе.

Согласно исследованиям российских авторов, в жаркие и сухие годы высокие оценки вязкости водного экстракта не соответствуют объективной реальности качества. В избыточно влажные годы действие ферментов, присутствующих во ржи, ухудшает вязкие свойства пентозанов, уменьшает их способность к набуханию и водоудерживающую способность. Поэтому наиболее благоприятны для селекции на ВВЭ годы, когда в период налива складываются оптимальные и средне засушливые метеоусловия [20].

Результаты исследований и их обсуждение. Как уже было отмечено выше, основные направления селекции по улучшению кормовых и хлебопекарных

качеств зерна ржи не совпадают. Поэтому *цель работы* состояла в визуальном отборе низкопентозановых форм по тонкопокровности зерна межлинейных и сортолинейных гибридов озимой ржи с проверкой соответствия качества биохимическими анализами, выделение форм озимой ржи с контрастной (высокой и низкой) вязкостью водорастворимых экстрактов (ВВЭ) для целевой селекции.

Исследования, проведенные нами ранее, позволили выделить сорта (гибридные) как с высокой ВВЭ (18,2-19,6 сПа) – *Плиса, Аскари, Бона*, так и с более низким значением этого признака (13,0-15,5 сПа) – *Лота, Офелия, Паўлінка* (популяционные). Гибридные сорта использовали в создании сортолинейных гибридов продовольственного направления, популяционные – зернофуражного направления. В создании межлинейных гибридов участвовали зимостойкие и высокопродуктивные линии, созданные в течение 2010-2014 гг.

Погодные условия осени-зимы 2016-2017 гг. были благоприятными для перезимовки. Перезимовка межлинейных гибридов F₁ находилась в пределах 82,4-95,7%. Очень высокий уровень перезимовки (свыше 90%) показали 3 межлинейных гибрида (№22, 28, 64). Развития снежной плесени не наблюдалось (балл поражения не превысил 1,0). Исключение составили гибриды №17, 31, 72 (балл поражения 2,0). Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной растений в опыте не превысило 0,5-1,5 балла.

Перезимовка сортолинейных гибридов F₁ в опыте также находилась на высоком уровне и составляла 83,5-91,0%. Поражение листовыми болезнями не превысило 0,5-1,5 балла. Три сортолинейных гибрида имели перезимовку более 90% – №15, 18, 61.

Нами были изучены хозяйственно-полезные признаки, составляющие урожайность гибридов F₁ (таблицы 1, 2). Физические показатели зерна межлинейных гибридов (масса тысячи зерен, натура зерна) были на уровне 32,8-44,1 г и 711-745 г/л, сортолинейных – 37,5-44,9 г, 682-753 г/л. Гетерозис среднего уровня по натуре зерна проявили межлинейные гибриды: №28, 37, 64, 72, 69, 72; по массе тысячи зерен: №25, 28; высокий уровень гетерозиса по данному показателю имели №37, 72, 75. Среди сортолинейных гибридов, имеющих средний уровень гетерозиса по физическим показателям зерна, следует выделить: №57, 62, 74, 80.

Урожайность межлинейных F₁ гибридов в опыте сильно варьировала и была в пределах 43,2-96,5 ц/га. Очень высокий уровень конкурсного гетерозиса по урожайности показали 5 межлинейных гибридов (124,3-142,3%), три гибрида (№51, 64, 72) проявили средний уровень гетерозиса – 102,0-117,9%, остальные межлинейные гибриды (50%) проявили отрицательный уровень гетерозиса – 63,7-92,9% и в дальнейшей селекции использоваться не будут (таблица 1). Урожайность сортолинейных гибридов F₁ в 2017 г. также сильно варьировала – 50,8-103,6 ц/га. В таблице 2 представлены гибриды, имеющие средний (№27, 53, 57, 62, 78, 79), высокий (№15, 32, 35, 36, 38, 41, 44, 66, 74) и очень высокий (№34, 80) уровень гетерозиса. Сортолинейные гибриды №3, 19, 20, 23, 43, 58, 68 были выбракованы как низкоурожайные (до 65,0 ц/га) и как соответственно имеющие отрицательный конкурсный гетерозис – 76,6-83,9%.

Таблица 1 – Уровень конкурсного гетерозиса по урожайности и физическим качествам зерна межлинейных гибридов F₁ (2017 г.)

№ сел.	Урожайность, ц/га	Конкурсный гетерозис, %	Натура зерна, г/л	Конкурсный гетерозис, %	Масса 1000 зерен, г	Конкурсный гетерозис, %
Контроль	67,8	-	727	-	37,5	-
7	43,8	64,6	715	98,3	37,7	100,5
9	54,5	80,4	711	97,8	35,4	94,4
17	49,0	72,3	722	99,3	32,8	87,5
22	58,9	86,8	713	98,1	33,1	88,2
25	86,3	127,3	721	99,2	39,6	105,6
28	63,0	92,9	737	101,4	39,5	105,3
31	48,0	70,7	714	98,2	36,6	97,6
37	96,5	142,3	745	102,5	44,1	117,6
42	84,3	124,3	724	99,6	37,6	100
46	56,4	83,2	730	100,4	32,4	86,4
51	80,0	117,9	738	101,5	36,5	97,3
54	43,2	63,7	726	99,9	33,5	89,3
64	69,2	102,0	718	98,8	34,2	91,2
69	87,7	129,4	744	102,4	43,4	115,7
72	75,3	111,0	751	103,3	41,7	111,2
75	88,3	130,2	721	99,2	42,7	113,9

Таблица 2 –Уровень конкурсного гетерозиса по урожайности и физическим качествам зерна сортолинейных гибридов F₁ (2017 г.)

№ сел.	Урожайность, ц/га	Конкурсный гетерозис, %	Натура зерна, г/л	Конкурсный гетерозис, %	Масса 1000 зерен, г	Конкурсный гетерозис, %
Контроль	76,6	-	730	-	41,5	-
13	91,3	119,2	727	99,6	43,2	104
15	86,0	112,3	718	98,4	42,5	102,4
27	85,2	111,2	721	98,8	41,1	99
32	89,5	116,8	724	99,2	43,8	105,5
34	100,4	131,0	733	100,5	40,5	97,6
35	88,1	115,0	715	98,0	41,5	100
36	85,8	112,0	733	100,5	42,5	102,4
38	86,5	112,9	736	100,9	42,2	101,7
41	89,5	116,8	737	100,9	43,4	104,8
44	88,3	115,2	730	100	40,7	98
53	83,8	109,4	726	99,5	43,3	104,3
57	85,7	111,8	753	103,2	41,2	99,2
62	85,5	111,6	738	101,1	41,6	100
66	89,5	116,8	733	100,5	37,5	90,4
74	89,7	117,1	741	101,6	44,9	108,2
78	85,2	111,2	730	100	39,6	95,4
79	85,7	111,8	682	93,5	40,1	96,6
80	103,6	135,2	740	101,5	42,3	101,9

Высота растений гибридов в опыте составляла 108,4-175,0 см, устойчивость к полеганию – 6,0-8,0 баллов. В полевых условиях нами были визуально выделены 50 межлинейных и 20 сортолинейных гибридов с тонкопокровной оболочкой зерна (оболочка гладкая, прозрачная, стекловидная), лучшие из которых в дальнейшем были проанализированы в лаборатории биохимического анализа.

В 2018 г. были проведены фенологические наблюдения за ростом и развитием растений в питомнике испытания 64 сортолинейных и 16 межлинейных гибридов, проанализированы следующие качественные признаки: зимостойкость, устойчивость к листовым болезням, выравненность стеблестоя.

Погодные условия осенне-весеннего периода вегетации 2017-2018 гг. для перезимовки растений озимой ржи были благоприятными. Перезимовка межлинейных гибридов находилась в пределах 87,1-92,5%. Высокий уровень перезимовки (свыше 91%) показали 3 линии (№9, 37, 75). Развития снежной плесени практически не наблюдалось (поражение не превысило 1,5 балла). Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной растений в опыте не превысило 0,5-1,0 балла.

Перезимовка сортолинейных гибридов F₁ в опыте также находилась на высоком уровне и составляла 86,6-96,8%. Поражение листовыми болезнями не превысило 0,5-1,0 балла. Пять сортолинейных гибридов имели перезимовку более 95% – №40, 43, 47, 74, 79.

В отделе биохимии и биотехнологии в 2018 г. было проведено исследование белково-амилазного комплекса зерна ржи межлинейных и сортолинейных гибридов F₁ (таблица 3), выделенных нами в ходе выполнения работы.

Таблица 3 – Оценка технологических свойств зерна отобранных межлинейных и сортолинейных гибридов F₁ с различной вязкостью водного экстракта (ВВЭ) зернового шрота (2018 г.)

№ образца	ЧП, сек	Содержание протеина, %	Высота амилограммы, AU	ВВЭ, сПа	Натура зерна, г/л	Масса 1000 зерен, г
1	2	3	4	5	6	7
Сортолинейные гибриды						
1	323	9,6	938	11,6	723	43,5
2	320	9,6	845	16,8	756	37,3
3	268	11	594	8,3	717	46,1
4	314	8,9	738	10,5	728	37,0
5	349	10,2	1026	18,0	733	44,6
6	278	11,5	619	7,8	721	45,9
8	318	10,2	940	14,1	721	42,4
10	304	10,4	751	18,0	741	39,4
11	323	11,1	792	16,9	740	45,1
13	293	9,3	825	9,0	727	42,2
14	343	10,3	1119	31,7	739	42,0
15	321	10,1	938	17,6	718	42,5

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
16	295	10,5	574	10,0	724	39,1
18	283	9,4	968	11,7	734	41,8
19	332	9,9	902	17,2	732	42,2
20	287	10,1	819	10,2	728	43,1
21	325	11,3	778	17,2	727	41,6
23	349	12,6	619	11,6	713	43,4
24	344	10,5	1080	14,0	740	41,5
26	297	9,6	737	12,5	715	39,7
27	334	9,9	929	14,5	721	41,1
29	335	9,9	990	29,0	744	39,9
30	317	10,2	1097	24,4	735	44,7
32	322	11,4	844	15,1	724	43,8
33	330	11,5	823	10,4	740	43,9
34	318	9,7	1173	22,4	733	40,5
35	270	10,7	740	11,9	715	41,5
38	321	10,1	907	15,0	736	42,2
39	329	9,9	1099	18,0	724	43,1
40	284	9,2	1017	15,0	738	42,0
41	316	9,9	1130	21,7	737	43,4
43	290	11,6	654	9,7	728	41,6
44	341	9,7	1114	23,2	730	40,7
45	260	9,9	927	12,7	743	41,9
47	276	10,6	893	19,8	715	42,3
48	300	9,9	881	12,5	734	41,2
49	285	9,5	743	12,2	716	43,8
50	327	9	984	15,1	718	42,6
52	306	9,7	887	12,4	734	42,5
53	289	8,8	887	13,7	726	43,3
55	252	10,4	613	8,5	725	42,4
56	325	10,5	812	14,4	723	41,0
57	325	9,5	887	15,6	753	41,2
58	320	10,7	670	12,5	728	41,7
59	335	10,2	768	13,4	711	44,0
60	343	9,8	1125	21,3	730	41,9
61	313	9	755	11,0	762	42,5
62	341	9,6	1095	25,1	738	41,6
63	347	10,6	970	18,5	725	40,5
65	273	9,4	699	9,9	728	37,1
66	360	9,7	1114	13,5	733	37,5
67	344	9,9	1056	19,3	761	43,6
68	349	9,2	1184	25,0	731	40,6
71	352	9,6	1087	17,4	743	44,8
73	361	9,7	1024	16,7	725	39,5

1	2	3	4	5	6	7
74	306	9	1129	19,4	741	44,9
77	361	9,8	708	12,5	740	39,3
78	360	10,2	1064	22,3	730	39,6
79	363	9,3	977	15,5	682	40,1
80	359	8,5	1167	12,6	740	42,3
Межлинейные гибриды						
9	350	10,5	1051	17,7	755	42,4
25	348	10,2	914	16,0	721	39,7
28	290	9,1	518	17,5	737	39,5
37	307	9,7	956	19,2	745	44,1
54	208	11,4	495	4,0	726	33,5
69	330	8,7	1167	28,6	744	43,4
72	355	10,3	993	15,1	751	41,7
75	376	9,2	1011	23,6	721	42,7

Физические показатели зерна межлинейных гибридов F_1 (масса тысячи зерен, натура зерна) были на уровне 33,5-44,1 г и 721-755 г/л, сортолинейных – 37,0-46,1 г, 682-762 г/л. Гетерозис среднего уровня по натуре зерна проявили межлинейные гибриды F_1 : №9, 37, 69, 72; по массе тысячи зерен: №25, 28, 72; высокий уровень гетерозиса по данному показателю имели №37, 69, 75. Среди сортолинейных гибридов F_1 , имеющих средний уровень гетерозиса по физическим показателям зерна, следует выделить: №57, 61, 67, 71, 74.

Высота амилограммы у межлинейных гибридов F_1 варьировала в пределах 495-1167AU, у сортолинейных – 574-1184AU (рисунок 1), что позволило нам выделить дивергентные по данному параметру образцы и сформировать на их основе две синтетические популяции: 1) *Синтетическая низкопентозановая популяция*, включает гибриды F_1 с низкой ВВЭ и низким ЧП – зерно таких гибридов наиболее пригодно для производства комбикормов; 2) *Синтетическая высокопентозановая популяция* включает гибриды F_1 с сильной экспрессией признаков ВВЭ и ЧП – зерно этих гибридов пригодно для выпечки качественного хлеба.

По качественным показателям зерна межлинейные гибриды F_1 наиболее сильно варьировали по вязкости водного экстракта зернового шрота (ВВЭ) – коэффициент вариации ($cv=45,5\%$), слабое варьирование отмечено по массе тысячи зерен ($cv=9,1\%$) и среднее по содержанию белка ($cv=15,9\%$). На сортолинейном уровне значение вариации были – 48,4%, 7,2%, 11,1% соответственно. Признак ВВЭ положительно коррелирует с высотой амилограммы и температурой клейстеризации крахмала: на межлинейном уровне значение коэффициента корреляции (r) составило 0,89% и 0,77%, на сортолинейном уровне – 0,94% и 0,49%. Отрицательная связь отмечена между ВВЭ и массой 1000 зерен – (-0,51 и -0,31%), а также между содержанием белка и ЧП (-0,3 и -0,4) соответственно. Слабое отрицательное и недостоверное значение коэффициента корреляции

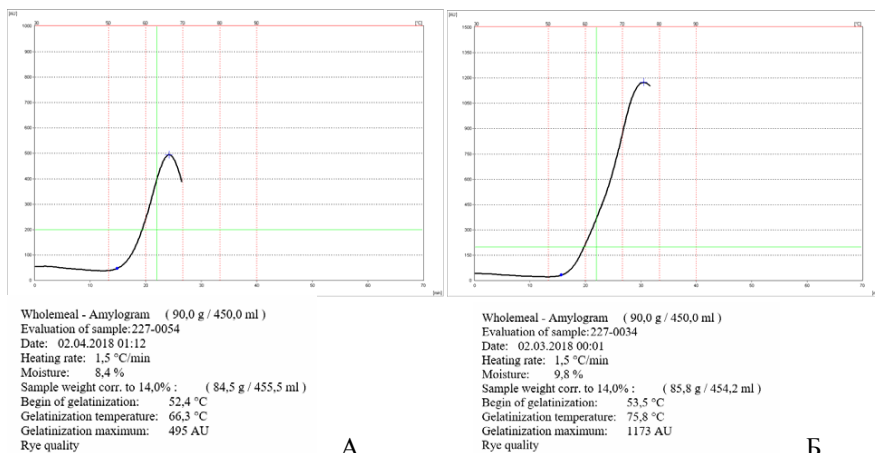


Рисунок 1 – Графики амилограммы ржаной муки у гибридов F₁ с дивергентным проявлением признака (2018 г.)

А – у низкопентозанового межлинейного гибрида 54;
 Б – у высокопентозанового сортолинейного гибрида 34

($r = -0,11-0,33$ %) между содержанием белка и ВВЭ указывает на возможность вести селекцию низковязких линий с повышенным содержанием белка.

В 2018 г. нами также были изучены хозяйственно-полезные признаки, составляющие урожайность гибридов F₁. Высота растений гибридов F₁ в опыте составляла 98,4-135,1 см, устойчивость к полеганию – 6,0-8,0 баллов. Физические показатели зерна межлинейных гибридов F₁ (масса тысячи зерен, натура зерна) были на уровне 33,5-43,4 г и 721-755 г/л, сортолинейных – 37,0-46,1 г, 682-762 г/л соответственно.

Урожайность межлинейных гибридов F₁ в опыте сильно варьировала и была в пределах 33,1-66,4 ц/га. Урожайность сортолинейных гибридов F₁ также сильно варьировала – 30,7-63,6 ц/га.

На основании полученных данных были определены технологические свойства синтетических популяций с различной вязкостью водного экстракта (ВВЭ) и различным проявлением основных хозяйственно-полезных признаков качества (таблица 4).

Выводы

1. Изучено более 300 межлинейных и сортолинейных гибридов F₁ по зимостойкости и устойчивости к листовым болезням. Выявлены гибриды, обладающие высоким уровнем перезимовки: 5 межлинейных гибридов с уровнем перезимовки свыше 96% и 14 сортолинейных – 85,5-90,4%.

2. Установлено, что признак ВВЭ положительно коррелирует с высотой амилограммы и температурой клейстеризации крахмала: на межлинейном уровне значение коэффициента корреляции (r) составило 0,89% и 0,77%, на сортолинейном уровне – 0,94% и 0,49%. Отрицательная связь отмечена между

Таблица 4 – Оценка технологических свойств синтетических популяций с различной вязкостью водного экстракта (ВВЭ), (2018 г.)

Признаки (среднее значение)	Высокопентозановая синтетическая популяция ВПСР-2018		Низкопентозановая синтетическая популяция НПСР-2018	
	Межлинейные гибриды F ₁	Сортолинейные гибриды F ₁	Межлинейные гибриды F ₁	Сортолинейные гибриды F ₁
Вязкость водного экстракта, сПа	23,8	22,6	4,0	9,0
Натура зерна, г/л	736,7	735,4	726,0	724,3
Масса 1000 зерен, г	43,4	42,1	33,5	42,1
Высота амилограммы, е.а.	1044,7	1089,8	495,0	654,0
ЧП, сек	337,7	328,8	208,0	278,4
Содержание белка, %	9,2	9,9	11,4	11,5

ВВЭ и массой 1000 зерен – (-0,51 и -0,31%), а также между содержанием белка и ЧП (-0,3-0,4) соответственно. Слабое отрицательное и недостоверное значение коэффициента корреляции ($r=-0,11-0,33$ %) между содержанием белка и ВВЭ указывает на возможность вести селекцию низковязких линий с повышенным содержанием белка.

3. Качественные показатели зерна у межлинейных гибридов F₁ наиболее сильно варьировали по вязкости водного экстракта зернового шрота (ВВЭ) – коэффициент вариации ($cv=45,5\%$), слабое варьирование отмечено по массе тысячи зерен ($cv=9,1\%$) и среднее по содержанию белка ($cv=15,9\%$). На сортолинейном уровне значение вариации были – 48,4%, 7,2%, 11,1% соответственно.

4. Урожайность межлинейных гибридов F₁ варьировала в 2017 г. в пределах 43,2-96,5 ц/га, сортолинейных гибридов F₁ – 50,8-103,6 ц/га; в 2018 г. – 33,1-66,4 ц/га и 30,7-63,6 ц/га соответственно. Отмечено 5 межлинейных гибридов с очень высоким уровнем гетерозиса по урожайности (124,3-142,3%) и два сортолинейных гибрида (№34, 80) с уровнем гетерозиса 131,0-135,2%.

5. Визуально в полевых условиях выделены межлинейные и сортолинейные гибриды F₁, обладающие зерном с тонкопокровной оболочкой. Дальнейший биохимический анализ качества зерна этих гибридов показал, что до 20% из них характеризуются высоким содержанием белка и низким содержанием водорастворимых пентозанов, т.е. обладают хорошими кормовыми качествами. И, напротив, гибриды F₁ с белым зерном характеризуются пониженным содержанием белка и высоким – водорастворимых пентозанов, что наиболее подходит для их использования в хлебопекарных целях.

6. По результатам исследований сформированы две синтетические популяции с различным проявлением гетерозисного эффекта основных хозяйственно-полезных признаков качества – высокопентозановая (ВПСР-2018) и низкопентозановая (НПСР-2018).

Литература

1. *Henry, R.J.* A comparison of the non-starch carbohydrates in cereal grains / *R.J. Henry*, // *J. Sci. Food and Agric.* – 1985. – V. 36. № 12. – P. 1243-1253.
2. Nutrient and lignan content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia / *M. Nilsson, P. Aman, H. Harkonen, G. Hallmans, K.E. Knudsen, W. Mazur, H. Adlercreutz* // *Acta Agric. Scand. Select B.* – 1997. – V. 47. – P. 26-34.
3. *Гончаренко, А.А.* Некоторые вопросы селекции озимой ржи на качество зерна в свете современных требований / *А.А. Гончаренко* // *Достижения и перспективы селекции и технологического обеспечения АПК в Нечерноземной зоне РФ.* – Немчиновка, 2006. – С. 87-98.
4. *Ермолаева, Т.Я.* Озимая рожь, как продовольственная культура / *Т.Я. Ермолаева, Н.Н. Нуждина* // *Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка.* – Екатеринбург, 2012. – С. 125-128.
5. *Исмагилов, Р.Р.* Изменчивость содержания водорастворимых пентозанов в зерне ржи / *Р.Р. Исмагилов* // *Достижения науки и техники АПК.* – 2012. – № 6. – С. 35-36.
6. *Jagodziski, J.* Feeding value of the grain of rye lines and hybrids / *J. Jagodziski, M. Rakowska* // *The International Symposium on Rye Breeding & Genetics of the EUCARPIA.* – 1996. – P. 154.
7. *Rakowska, M.* Studies on the antinutritive compounds in rye grain. V. Effect polysaccharides complex on protein digestibility and feed utilization / *M. Rakowska, K. Raczynska-Bojanowska, R. Kupiec* // *Pol. J. Food Nutr.* – 1997. – № 1/42. – Pp. 95-102.
8. *Devesa, A.* Influence of pentosans on texture of starch gels during storage, and effects after enzyme treatment / *A. Devesa, M.A. Martinez-Anaya* // *European Food Research and Technology.* – 2003. – T. 216. – № 4. – Pp. 323-330.
9. *Cyran, M.* Content and composition of non-starch polysaccharide of rye flour in relation to its baking quality / *M. Cyran, J. Cygankiewicz* // *Proceeding of the Eucarpia Rye Meeting.* – Radzikow, 2001. – Pp. 291-298.
10. *Weipert, D.* Pentosans as selection traits in rye breeding / *D. Weipert* // *Vortr. Pflanzenzuchtung.* – 1996. – V. 35. – P. 109-119.
11. *Henry, R.J.* Pentosan and (1-3), (1-4)-beta-glucan concentrations in endosperm and wholegrain of wheat, barley, oats and rye / *R.J. Henry* // *J.Cereal Sci.* – 1987. – № 6. – P. 253-258.
12. *Bengtsson, S.* Isolation and chemical characterization of water-soluble arabinoxylans in rye grain / *S. Bengtsson, P. Aman* // *Carbohydrate Polymers.* – 1990. – № 12 (3). – P. 267-277.
13. Extract viscosity as an indirect assay for water-soluble pentosans content in rye / *D. Boros, R.R. Marquardt, B.A. Slominski, W. Guenter* // *Cereal Chem.* – 1993. – V. 70. – Pp. 575-580.
14. *Гончаренко, А.А.* Использование дивергентного отбора по вязкости водного экстракта в селекции озимой ржи / *А.А. Гончаренко [и др.]* // *Зерновое хозяйство России.* – 2011. – №5. – 11-19.
15. *Finnie, S.M.* Influence of cultivar and environment on water-soluble and water insoluble arabinoxylans in soft wheat / *S.M. Finnie, A.D. Bettge, C.F. Morris* // *Cereal Chem.* – 2006. – 83(6): 617623 (doi: 10.1094/CC-83-0617).
16. *Li, S.* Genotype and environment variation for arabinoxylans in hard winter and spring wheat of the U.S. Pacific Northwest / *S. Li, C.F. Morris, A.D. Bettge* // *Cereal Chem.* – 2009. – 86: 88-95 (doi: 10.1094/CCHEM-86-1-0088).
17. *Hansen, H.B.* Effects of genotype and harvest year on content and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale* L.) grain / *H.B. Hansen, C.V. Rasmussen, K.E. Bach Knudsen, A. Hansen* // *J. Sci. Food Agr.*, 2003, 83(1): 76-85 (doi: 10.1002/jsfa.1284).
18. *Martinant, J.P.* Genetic and environmental variations in water-extractable arabinoxylans content and flour extract viscosity / *J.P. Martinant, Billot A., A. Bouguennec, G. Charmet, L. Saulnier, G.J. Branlard* // *Cereal Sci.*, 1999, 30(1): 45-48 (doi: 10.1006/jcrs.1998.0259).
19. *Исмагилов, Р.Р.* Кормовые качества зерна различных сортов озимой ржи / *Р.Р. Исмагилов, Л.М. Ахиярова* // *Достижения науки и техники АПК.* – 2007. – № 11. – С. 16-17.

20. Пономарева, М.Л. Фенотипическая оценка содержания пентозанов в ржаном шроте методом определения вязкости водного экстракта / М.Л. Пономарева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – 29 (11). – С. 32-35.

EVALUATION OF PENTOSANS CONTENT IN WINTER RYE GRAINS IN THE PROCESS OF BREEDING FOR QUALITY

D.Yu.Artyukh, E.P.Urban, O.N.Karpovich, T.V.Rovdo, M.M.Gorovaya, Yu.S.Solovei

The paper deals with the results of the conducted phenotypic evaluation of pentosans content in winter rye grains. According to the findings genotypes-sources of valuable alleles with the high and low content of water soluble pentosans are identified. High and low pentosan synthetic populations with different manifestation of heterotic effect of the main economic characters of the quality of carbohydrate-amylase and grain protein complexes are formed.

УДК 631.421.1:527.12

КЛАССИФИКАЦИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ВЛАГООТДАЧИ ЗЕРНА В ПРЕДУБОРОЧНЫЙ ПЕРИОД

В.И. Кравцов, ст.н.с., Л.П. Шиманский, кандидат с.-х. наук
РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 26.02.2019)

Рецензент: кандидат с.-х. наук Д.В. Лужинский

Аннотация. В статье отражены результаты оценки селекционного материала (самоопыленные линии кукурузы из рабочей коллекции лаборатории селекции кукурузы РНДУП «Полесский институт растениеводства») по интенсивности влагоотдачи зерном в предуборочный период. В результате исследований проведена классификация исходного материала по интенсивности влагоотдачи зерном, определены корреляционные связи интенсивности влагоотдачи с количественными морфо-биологическими признаками, выделены источники высокой интенсивности влагоотдачи. Результаты исследований имеют высокую значимость для повышения эффективности селекции кукурузы.

Введение. В процессе селекционной работы селекционеры и генетики всего мира работают как над повышением урожайности, так и качества производимой продукции. Одним из признаков, позволяющих достигнуть этой цели, является низкая уборочная влажность зерна кукурузы. Испарение влаги из зерна при созревании присуще всем зерновым культурам. Однако именно для кукурузы, имеющей длительный вегетационный период, данный вопрос является одним из первостепенных. Особенно остро он стоит при возделывании этой культуры в зонах с ограниченной теплообеспеченностью, к которым относится и Республика Беларусь. Целенаправленная работа на низкое содержание влаги в зерне кукурузы и вскрытие генетических механизмов контроля этого признака началась в 70-х годах XX века. Толчком к этому послужил нефтяной кризис в США, поскольку для досушки зерна применялись производные нефтепродуктов [Bodnar, 1987]. К настоящему времени исследования в этом направлении представляют большой интерес в плане селекционно-генетических изысканий [4].