

such as: plant height and branching, central brush length, number of first-order branches, number of pods on the central brush and on the plant, number of seeds in the pod, thousand seed weight and plant productivity. It was found that heterosis values varied from positive to negative overdominance depending on the selection of parental pairs, the direction of their crosses and the character under study. It was recommended to use k-57/317 line as a source in breeding for increasing yield; k-30/15, k-15/246 lines and Imperial variety should be used for the development of short-stemmed varieties and hybrids of winter rapeseed.

УДК 633.13:631[527+527.5]

СОЗДАНИЕ НОВОГО СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОВСА ПОСЕВНОГО МЕТОДОМ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ

Е.Н. Куликович, кандидат с.-х. наук, **С.П. Халецкий**, кандидат с.-х. наук,
А.Г. Власов, кандидат с.-х. наук, **И.Н. Синица**, научный сотрудник,
Н.Л. Ермоленко, научный сотрудник, **Е.Ф. Барчевская**, агроном
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Дата поступления статьи в редакцию 28.02.2024)

Рецензент: Гриб С.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. Изучена коллекция образцов овса с разным уровнем плоидности по устойчивости к красно-бурой пятнистости (*Puccinia chaetomiodes* Speg). Методом межвидовой гибридизации диплоидных образцов вида *Avena strigosa* (AsAs), обладающих относительной устойчивостью к красно-бурой пятнистости и сортов гексаплоидного вида *Avena sativa* (AACCCDD) получено 79 комбинаций скрещиваний. В эмбриокультуре *in vitro* культивировано 99 гибридных зародышей. В результате изучения созданного исходного материала выделены хозяйственно-ценные, скороспелые, с высокой урожайностью и качеством зерна, толерантные к красно-бурой пятнистости межвидовые образцы овса – 47-7, 47-9, 48-5, 49-11 и 106-6, которые изучаются в селекционном процессе.

Овес является широко распространенной зернофуражной и продовольственной культурой. В эволюционном плане среди культурных злаков овес считается более молодой культурой. Тем не менее, интенсивная селекционная работа на повышение продуктивности значительно сузила генофонд возделываемых сортов по ряду признаков и свойств. Вопрос увеличения резерва внутривидовой изменчивости становится все более актуальным. Использование метода межвидовой гибридизации с передачей нужных признаков путем генетической рекомбинации позволяет решить данную проблему. Этим обуславливается необходимость постоянного скрининга сортовых и видовых коллекций овса на поиск новых генов устойчивости к различным заболеваниям. Использование современных биотехнологических и иммунологических методов позволило в

короткий срок оценить исходный материал овса и выделить устойчивые генотипы.

Состав рода *Avena* по разным оценкам насчитывает более 70 культурных и диких видов [1, 4]. Среди мировой коллекции овса встречаются виды с разной ploидностью: диплоидные, тетраплоидные, гексаплоидные. Из диплоидных видов наибольший интерес представляют образцы *Avena strigosa* и *Avena sterilis*, имеющие комплексную устойчивость к болезням и вредителям, низкую пленчатость [1, 4, 5].

Целью работы был поиск устойчивых к красно-бурой пятнистости видов и образцов овса, получение межвидовых гибридов с их участием и отбор из полученных гибридных популяций устойчивых и продуктивных форм для дальнейшей селекционной работы.

Условия и методика проведения исследований

Исследования проводили в отделе биохимии и биотехнологии, лабораториях иммунитета и овса РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2020–2023 гг. Материал для биотехнологических работ высевался в фитотронно-тепличном комплексе (ФТК) и в полевых условиях. При выполнении научных исследований было проведено комплексное изучение коллекции овса по биометрическим, фенологическим и иммунологическим показателям и составлены схемы гибридизации с использованием устойчивых к красно-бурой пятнистости образцов *A. strigosa* и *A. sterilis*. Для оценки устойчивости к этому заболеванию диких и культурных видов овса, а также полученных межвидовых гибридов проводили искусственное заражение сегментов первого, второго листа растений в лабораторных условиях и растений в фазе кущения в полевых условиях [2]. Отрезки листьев (каждого растения), обработанные суспензией *Pyrenophora chaetomiodes*, помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную 0,004 %-ным раствором бензимидазола и укрывали срезы ватными валиками, также смоченными раствором. Раствор бензимидазола обеспечивал поддержание жизнеспособности сегментов листьев. В каждую чашку помещалось 10 отрезков одного образца, взятых с 10 разных проростков.

Для получения нового селекционного материала в условиях фитотронно-тепличного комплекса и в полевых условиях проводилась межвидовая гибридизация различных комбинаций скрещивания. В качестве материнских компонентов использовали образцы диплоидного вида *A. strigosa* (AsAs), показавшие отностительную устойчивость к красно-бурой пятнистости – Местный К-4481, AAVE 488/82 SHL, HA 71-87-11, QA 44. В качестве отцовского компонента привлекались сорта гексаплоидного вида *A. sativa* (AACDD) с хорошими биометрическими показателями и высоким качеством зерна.

Опыление материнских растений пылью отцовских форм проводилось на 3–5 сутки после кастрации цветков. Для преодоления постгамной несовместимости и сохранения полученных зародышей использовали эмбриокультуру *in vitro*. После прохождения адаптации созданные регенеранты межвидовых гиб-

ридов первого поколения дорастивались в ФТК до получения семенного потомства. Гибриды второго-третьего поколения размножались в полевых условиях.

Для подтверждения гибридности полученных гибридных линий четвертого поколения был проведен анализ потомств 2-х клонов комбинации К-4481 × *Bingo* (39 линий) и 5-ти клонов комбинации К-1938 × *Лидия* (49 линий) методом электрофореза с разделением проламиновой фракции запасных белков [6]. Статистическая обработка полученных результатов выполнялась согласно методических рекомендаций ВИР, кластерный анализ проводили с использованием программы PRIMER 6.

Результаты и обсуждение

Результаты оценки видовой коллекции овса на устойчивость к красно-бурой пятнистости детально отражены в предыдущей публикации [3]. Так, было установлено, что устойчивость в фазе первого настоящего листа (1 балл) наблюдалась у образцов диплоидного вида *A. strigosa*: К-4481, PL51758(2), QA 44, C.J. 9038. Образцы вида *A. sativa* имели среднюю степень устойчивости (2 балла) а сорт *Лидия* оказался сильно восприимчивым к данному патогену на ювенильной стадии (4 балла).

В условиях фитотронно-тепличного комплекса и в полевых условиях в период исследований была проведена межвидовая гибридизация по 79 комбинациям скрещивания. Гибридные зерновки в межвидовых скрещиваниях были получены во всех комбинациях. Завязываемость гибридных зерен варьировала от 1,9 % (НА71-87-11 × *Запавет*) до 55,5 % (Местный К-4481 × *Фрустайл*). На искусственную питательную среду было высажено 99 гибридных зародышей. Однако среди высаженных эксплантов отмечена значительная гибель или полное отсутствие развития проростков. Часть зародышей межвидовых гибридов на искусственной питательной среде не прорастала, что объясняется не только разным уровнем плоидности, но и различиями в геномных группах. Овес посевной имеет генотип AACCCDD, а у *A. strigose* – A₂S₂, то есть у них нет ни одного полностью идентичного геномного набора, обеспечивающего беспроблемное протекание процессов кроссинговера при делениях гибридных клеток. Полноценные регенеранты и фертильное семенное потомство были получены только у 14 высаженных зародышей. Созданные межвидовые гибриды размножались в течение двух лет, в процессе их выращивания отмечалось постоянное расщепление, благодаря чему было отобрано и изучено более 300 линий.

Для подтверждения гибридности полученных линий был проведен анализ спектров авенинов [6]. На основании полученных данных сделан вывод, что гибридизация проведена успешно и все проанализированные линии являются потомством гибридов *A. strigosa* × *A. sativa*, так как у них было выявлено наличие как характерных материнских компонентов (*Rf* 31, 38, 39), так и отцовских (*Rf* 51–61). Однако следует отметить, что общее расположение полипептидных компонентов межвидовых гибридов соответствует *A. sativa*, что объясняется кодоминантным типом наследования маркерных белковых признаков.

При анализе линий гибридной комбинации К-1938 × *Лидия* установлено их достоверное разделение на 20 групп, из них 9 имеют более 90 % генетического

сходства. Материнский компонент *A.strigosa* K-1938 имеет не более 26 % сходства с отцовской формой *A.sativa* Лудия и полученным гибридным потомством [6].

Несмотря на ожидаемую генетическую однородность линий, при клонировании и размножении потомства клонов произошла их генетическая дифференциация.

Из полученного исходного материала по комплексу хозяйственно-полезных признаков выделено 26 лучших гибридных линий F₄, которые были высеяны в селекционном питомнике в 2022 г. для сравнительной оценки по урожайности, скороспелости, устойчивости к красно-бурой пятнистости овса и полеганию. Была проведена их оценка на устойчивость к вышеуказанной болезни в полевых и лабораторных условиях бензимедазольным методом (таблица 1).

Таблица 1. Характеристика межвидовых гибридов F₄ по устойчивости к красно-бурой пятнистости и морфологическим показателям растений

Образец	Устойчивость, балл		Морфологические особенности образцов
	полевая	лабораторная	
1	2	3	4
Мирт (контроль)	3	3	
47-1	1	1,6	полегающий, рыхлая метелка
47-7	1	1,5	позднеспелый, высокорослый, полегающий, рыхлая метелка
47-8	0-1	3,1	позднеспелый, высокорослый, полегающий, рыхлая метелка
47-9	0-1	1,8	позднеспелый, высокорослый, полегающий, рыхлая метелка
47-11	1	1,5	полегающий, рыхлая метелка
47-12	3	1,1	полегающий, рыхлая метелка
48-1	1	1,1	расщепление*, индивидуальный отбор
48-2	3	1,1	низкорослый, расщепление*, индивидуальный отбор
48-3	1	1,0	низкорослый, выровнен, индивидуальный отбор
48-4	3	1,4	расщепление*, высокорослый, рыхлая метелка
48-5	1	1,1	позднеспелый, высокорослый, полегающий, рыхлая метелка
48-6	1	1,3	среднеспелый, расщепление*, слабая метелка
48-8	1	1,8	позднеспелый, высокорослый, полегающий, индивидуальный отбор
48-9	1	1,1	полегающий, высокорослый, рыхлая метелка
49-1	3	2,9	полегающий, высокорослый, рыхлая метелка
49-4	3	1,9	скороспелый
49-5	1	1,2	скороспелый, расщепление*
49-6	3	1,8	скороспелый, индивидуальный отбор
49-8	3	1,7	скороспелый, выравненный, крупнозерный, индивидуальный отбор

Продолжение таблицы 1			
1	2	3	4
49-9	1	1,2	скоропелый, низкорослый
49-10	3	3,3	скоропелый, выравненный, крупнозерный, индивидуальный отбор
49-11	1	1,4	сильнорослый, полегающий, рыхлая метелка
105-2	1	1,2	высокорослый, рыхлая метелка, индивидуальный отбор
105-4	1	1,3	расщепление*, низкопродуктивный
105-7	1	1,7	расщепление*
106-6	0-1	1,4	позднеспелый, высокорослый, полегающий

* – расщепление по морфологическим и фенологическим признакам

Для лабораторной оценки на устойчивость к красно-бурой пятнистости семена межвидовых гибридов F₄ высевались также в ФТК в сосуды и в фазу 2 настоящих листьев срезались для анализа. Результаты проведенного лабораторного и полевого анализа по методике ВИЗР [2] показали, что наиболее толерантными к красно-бурой пятнистости были линии 48-1 (1,0; 1,1), 48-3 (1,0; 1,0), 48-5 (1,0; 1,1), 48-6 (1,0; 1,3), 48-9 (1,0; 1,1), 49-5 (1,0;1,2), 49-9 (1,0;1,2), 49-11 (1,0;1,4), 105-2 (1,0;1,2), 105-4 (1,0;1,3), 105-7 (1,0;1,7) и 106-6 (0-1,0;1,4). Линии 49-1 (3,0; 2,9) и 49-10 (3,3; 3,3) оказались неустойчивыми как при полевом, так и при лабораторном методе оценки.

В условиях 2022 г. проведена оценка линий F₄ в питомнике отбора и селекционном питомнике на 3-х метровых делянках по урожайности, крупности зерна и его качеству (таблица 2).

Таблица 2. Характеристика межвидовых гибридов F₄ овса (*A.strigosa* × *A.sativa*) по урожайности и качеству зерна (2022 г.)

Образец	Масса 1000 семян, г	Содержание, %		Урожайность	
		белка	жира	ц/га	% к контролю
1	2	3	4	5	6
Мирт (контроль)	37,0	13,7	5,36	66,0	100,0
47-1	35,2	15,7	6,65	50,4	76,4
47-7	33,2	13,4	6,54	70,0	106,1
47-8	34,6	12,7	5,98	79,7	120,8
47-9	35,5	11,9	6,21	75,3	114,1
47-11	31,9	15,4	7,22	57,2	86,7
47-12	31,3	14,8	6,63	54,4	82,4
48-1	37,1	13,4	5,34	46,4	70,3
48-2	35,1	15,3	5,36	31,4	47,6
48-3	36,8	13,6	6,10	47,6	72,1
48-4	36,8	13,7	5,88	66,0	100,0
48-5	35,0	12,0	5,76	87,0	131,8
48-6	37,8	13,4	5,65	68,6	103,9
48-8	31,7	13,5	5,8	55,2	83,6
48-9	31,4	14,0	5,52	62,6	94,8
49-1	32,2	15,1	6,18	77,6	117,6

Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6
49-4	32,8	14,9	6,34	51,0	77,3
49-5	30,2	13,8	6,75	66,2	100,3
49-6	35,0	12,8	6,57	53,4	80,9
49-8	33,0	13,8	6,43	67,8	102,7
49-9	33,4	14,9	5,78	82,6	125,2
49-10	31,8	13,4	6,14	67,2	101,8
49-11	30,1	13,3	6,08	80,8	122,4
105-2	35,0	13,0	6,08	72,6	110,0
105-4	37,9	13,3	5,28	85,0	128,8
105-7	33,6	13,1	5,86	59,8	90,6
106-6	38,3	12,5	6,20	76,3	115,6
НСР ₀₅	1,81	0,67	0,34	4,15	

Высокая урожайность зерна (70–85 ц/га) установлена у линий 47-7, 47-8, 47-9, 48-5, 49-1, 49-9, 49-11, 105-2, 105-4, 106-6. Крупное зерно сформировали линии 48-1 (37,1 г), 48-6 (37,8 г), 105-4 (37,9 г), 106-6 (38,3 г). По содержанию белка в зерне (15,1–15,7 %) лучшими были линии 47-1, 47-11, 48-2, 49-1. Наибольшее количество жира в зерне (6,21–7,22 %) отмечено у образцов 47-1, 47-7, 47-9, 47-11, 47-12, 49-5.

По результатам проведенных исследований были выделены скороспелые генотипы с высокой урожайностью и качеством зерна, устойчивые к красно-бурой пятнистости: 47-7, 47-9, 48-3, 48-5, 49-4, 49-6, 49-8, 49-10, 49-11, 105-2, 105-4 и 106-6, которые были высеяны в 2023 г. в питомниках предварительного сортоиспытания (таблица 3).

Таблица 3. Характеристика межвидовых гибридов F₅ овса (*A.strigosa* × *A.sativa*) по урожайности и качеству зерна в ПСИ, 2023 г.

Образец	Масса 1000 зерен, г	Содержание, %		Урожайность, ц/га	
		белка	жира	отклонение от контроля	
Мирт (контроль)	37,5	13,6	4,9	35,0–42,5	±
49-4	42,8	13,3	5,4	39,0	+0,9
49-5	37,7	14,1	5,7	34,9	-0,1
49-9	42,5	14,2	5,3	27,0	-15,5
49-10	44,6	13,6	5,5	40,8	+5,8
49-11	45,0	15,3	5,4	41,6	+3,5
105-2	44,3	14,4	5,5	38,8	+0,8
106-6	40,6	15,0	4,8	40,7	+5,7
НСР ₀₅	2,31	0,72	0,46		

Условия вегетации в 2023 г складывались неблагоприятно. Продолжительный период с отсутствием осадков привел к значительному снижению урожайности у всех изучаемых образцов. Селекционная оценка полученного материала в питомнике ПСИ в 2023 г. позволила выделить хозяйственно-ценные образцы. Установлено, что практически все образцы, отобранные по массе 1000 зерен

(40,6–45,0 г) превосходили контрольный сорт *Мирт* (37,5 г). Аналогичная тенденция отмечена по содержанию белка в зерне – 13,6 % у контроля и 14,1–15,3 % у лучших образцов. По урожайности зерна образцы 49-4, 49-10, 49-11, 105-2 и 106-6 превосходили контроль на 0,8–5,8 ц/га по отношению к контролю в блоке.

Заключение

В результате межвидовой гибридизации диплоидных образцов вида *A.strigosa* (AsAs), обладающих относительной устойчивостью к красно-бурой пятнистости (*Pyrenophora chaetomiodes* Speg), и сортов гексаплоидного вида *A.sativa* (AACCCDD) по 79 комбинациям скрещиваний было получено 99 гибридных зародышей. Последующее их культивирование методом эмбриокультуры *in vitro* обеспечило размножение полученного семенного потомства до пятого поколения и отбор морфологически стабильных генотипов, устойчивых к красно-бурой пятнистости.

По результатам изучения селекционного материала, созданного методом межвидовой гибридизации, выделены хозяйственно-ценные, скороспелые, с высокой урожайностью и качеством зерна, толерантные к красно-бурой пятнистости образцы – 47-7, 47-9, 48-5, 49-11 и 106-6.

Литература

1. Культурная флора. Овес. Том II. Часть 3 / Ред. В.Д.Кобылянский и В.Н.Солдатов. – М.: Колос, 1994. – 367 с.
2. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам; Методическое пособие. – М., 2008. – С.144-145.
3. Куликович, Е.Н. Изучение устойчивости видовой коллекции овса к поражению *Pyrenophora Chaetomiodes* SPEG. с использованием бензимидазольного метода / Е.Н. Куликович, О.В. Мядель // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси. Достижения науки – производству: матер. Межд. науч.-практ. конф. – Минск, 2021. – С.151-154.
4. Генетико-биотехнологические основы создания межвидовых гетероплоидных гибридов овса / А.М. Шишлова. – Минск, 2011. – 194 с.
5. Лоскутов, И.Г. Видовое разнообразие и селекционный потенциал рода *Avena* L.; автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб.: ВИР, 2003. – 38 с.
6. Изучение генетического полиморфизма у клонированных форм межвидовых гибридов овса методом электрофореза авенинов / Е.Н. Куликович, Е.Л. Долгова, И.Н. Снина, С.Н. Шевашнева // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. трудов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; редкол.: Ф.И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2021. – Вып. 57. – С. 308–315.

CREATION OF NEW BREEDING MATERIAL OF OAT USING THE METHOD OF REMOTE HYBRIDIZATION

**E.N.Kulinkovich, S.P. Khaletsky, A.G. Vlasov, I.N.Sinitsa, N.L.Ermolenko,
E.F.Barchevskaya**

*The collection of oat samples with different ploidy levels was studied in terms of resistance to blight (*Pyrenophora chaetomiodes* Speg). Using the method of*

interspecies hybridization of diploid samples of *Avena strigosa* (AsAs), which were relatively resistant to blight, and varieties of the hexaploid species *Avena sativa* (AACDD), 79 cross combinations were obtained. 99 hybrid embryos were cultivated in in vitro embryoculture. As a result of studying the created initial material economically important, early ripening interspecies oat samples - 47-7, 47-9, 48-5, 49-11 and 106-6 with high yield and grain quality, tolerant to blight were identified. They are studied in the breeding process.

УДК 633.112.9:«324»:631.559

УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА И КОРРЕЛЯЦИИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЕЕ СТРУКТУРЫ У БЕЛОРУССКИХ И РОССИЙСКИХ СОРТОВ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО

С.И. Гриб, доктор с.-х. наук, **В.Н. Бушневич**, **Е.И. Позняк**, кандидаты
с.-х. наук, **М.М. Лаптенюк**

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Дата поступления статьи в редакцию 29.02.2024)

Рецензент: Урбан Э.П., доктор с.-х. наук

Аннотация. В результате изучения белорусских и российских сортов тритикале озимого выделены источники, достоверно превышающие контроль по урожайности зерна, числу зерен в колосе, массе зерна с колоса, массе 1000 зерен и их сочетанию в комплексе для целенаправленного использования в селекционных программах. Установлены корреляции между урожайностью зерна и элементами ее структуры для сортов белорусской и российской селекции.

Введение

Главный критерий при оценке вновь создаваемых сортов – урожайность зерна. Поэтому основным направлением в селекции любой культуры является постоянное повышение генетического потенциала продуктивности и уровня его реализации в производстве [1–2].

Селекционная работа, независимо от своего направления, невозможна без изучения генетически разнообразного материала, с целью выделения источников и доноров хозяйственно ценных признаков и свойств и дальнейшего их использования в гибридизации [3–6], так как 50 % успеха в селекции обеспечивается генофонд растений [2].

Условия произрастания оказывают существенное влияние на выраженность количественных признаков растений [7]. Поэтому создание новых высокопродуктивных сортов тритикале озимого, адаптированных к местным условиям, невозможно без изучения закономерностей изменчивости хозяйственно полезных признаков в почвенно-климатических условиях региона, где ведется селекция культуры.