

УДК 633.14: 575.222.6.

А.А Гончаренко, академик РАН;
С.А.Ермаков, кандидат сельскохозяйственных наук;
А.В.Макаров, кандидат сельскохозяйственных наук;
Т.В.Семенова, кандидат сельскохозяйственных наук;
В.Н.Точилин, кандидат сельскохозяйственных наук;
О.В.Крахмалева,

*ФГБНУ Московский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
«Немчиновка»
(143026, Московская обл., Одинцовский р-он, рп Новоивановское, ул.Калинина, д.1,
email: goncharenko05@mail.ru)*

ИЗУЧЕНИЕ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ РЖИ ПО МЕТОДУ ТОПКРОССА

Проведено испытание 50 межлинейных гибридов F_1 озимой ржи, полученных от скрещивания 25 стерильных инбредных линий с мужски фертильными линиями Н-1172 и Н-1185, взятых в качестве тестеров. Испытание проводили на делянках $8,0 \text{ м}^2$ в 3-кратной повторности при норме высева 500 зерен на 1 м^2 . Урожайность гибридов F_1 варьировала от 70,2 до 90,6 ц/га (тестер Н-1172) и от 71,5 до 102,6 ц/га (тестер Н-1185). В целом по опыту частота появления гибридов F_1 с существенно значимым гетерозисом по урожайности составила 13 из 50 или 26%. В дисперсию признака урожайности существенный вклад вносили как общая, так и специфическая комбинационная способности ($F_{\text{факт.}}=2,41$ и $2,32$ соответственно при $F_{05}=1,63$). Достоверно высокую ОКС показали стерильные аналоги линий Н-325, Н-1078, Н-1179, Н-1238 и Н-1276, а также линия-тестер Н-1185. Высокие эффекты СКС показали линии Н-48, Н-71, Н-463, Н-700 и Н-1179. Выявлены существенные различия в комбинационной ценности изучаемых линий-тестеров. Отмечается, что важным ориентиром при селекции линий на ОКС является уровень их собственной продуктивности.

Ключевые слова: озимая рожь, инбредные линии, цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС), тестер, гибрид, урожайность, общая и специфическая комбинационная способность.

A.A. Goncharenko, academician of RAS;
S.A. Ermakov, Candidate of Agricultural Sciences;
A.V. Makarov, Candidate of Agricultural Sciences;
T.V. Semenova, Candidate of Agricultural Sciences;
V.N. Tochilin, Candidate of Agricultural Sciences;
O.V. Krakhmaleva,

*FSBSI Moscow Research Institute of Agriculture 'Nemchinovka'
(143026, Moscow region, Odintsovsky district, v. of Novoivanovskoe, Kalinin Str., 1;
email: goncharenko05@mail.ru)*

THE STUDY OF THE COMBINING ABILITY OF THE INBRED LINES OF WINTER RYE ACCORDING TO TOP-CROSSING METHOD

Fifty interline hybrids of F_1 of winter rye obtained from crossing of 25 sterile inbred lines with male fertile lines 'N-1172' and 'N-1185' as testers have been studied. The tests were carried out on the plot of 8.0m^2 in a triple sequence with seeding rate of 500 kernels per 1m^2 . The productivity of the hybrids F_1 ranged from 70.2 till 90.6 hwt/ha (tester 'N-1172') and from 71.5 till 102.6 hwt/ha (tester 'N-1185'). On the whole the number of hybrids F_1 with significant heterosis of productivity was 13 per 50 (or 26%). Both a general and specific combining ability ($F_{\text{fact.}} = 2.41$ and 2.32 respectively with $F_{05} = 1.63$) contributed a lot in the dispersion of the trait of productivity. The sterile analogs of the lines 'N-325', 'N-1078', 'N-1179', 'N-1238', 'N-1276' and the line-tester 'N-1185' showed a reliably high GCA. The lines 'N-48', 'N-71', 'N-463', 'N-700' and 'N-1179' showed high effect of SCA. A significant difference in a combining value of the studied line-testers has been established. It has been noted that the level of their own productivity is the most important sign for selection of the lines on GCA.

Keywords: *winter rye, inbred lines, cytoplasmic male sterility (CMS), tester, hybrid, productivity, general and specific combining ability.*

Введение. Рожь как перекрестно опыляемая культура весьма перспективна для гетерозисной селекции. Считается, что в этом плане она является единственной культурой, которая в будущем может послужить перспективной моделью для селекции гибридной пшеницы, тритикале и других колосовых культур [1].

Селекция межлинейных гибридов F_1 озимой ржи на основе ЦМС Пампа типа была начата в Германии более 40 лет назад. Первые коммерческие гибриды Аккорд, Актион и Форте, созданные проф. Г. Гайгером в Университете Хохенхайм и переданные на официальные испытания в 1981 г., подтвердили свое превосходство над популяционными сортами и послужили стимулом для масштабного развертывания работ по гибридной селекции ржи [2]. К настоящему времени тремя немецкими селекционными компаниями создано 26 гибридов, которые сочетают высокую урожайность с другими ценными признаками (короткостебельность, устойчивость к полеганию, устойчивость к бурой ржавчине и спорынье), обладая при этом лучшими хлебопекарными качествами и лучшей пригодностью для производства кормов и биогаза [3].

В Германии гибриды озимой ржи в среднем дают урожайность зерна на 15-20% больше, чем популяционные сорта. По данным Н.Н. Geiger and T. Miedaner [4], за период с 1982 по 2005 гг. средний годовой прирост урожайности у сортов-популяций составил 30 кг/га, а у гибридных сортов ржи – 51 кг/га, что на 70% выше. P.Wilde et al. [5] отмечают,

что прогресс по урожайности у гибридов ржи был достигнут, главным образом, за счет увеличения массы зерна с одного колоса. Просматривается также положительный тренд по плотности колоса, продолжительности периода налива зерна, однако нет очевидного прогресса по устойчивости к полеганию и поражению листовыми болезнями. В Польше прибавка урожая гибридных сортов над популяционными в системе госиспытания за 2004-2010 гг варьировала от 9,8 до 14,5 ц/га, причем гибриды F_1 имели лучшую устойчивость к полеганию и меньше поражались бурой ржавчиной и мучнистой росой [6]. Большие перспективы показывает интродукция европейских гибридных сортов ржи в традиционно ржаные области Канады [7].

В ряде стран Европы благодаря появлению гибридов F_1 рожь стали возделывать на высокоплодородных почвах, где она дает более высокую урожайность, чем другие культуры. Но и на низкоплодородных почвах гибриды F_1 не уступают по урожайности популяционным сортам: средняя 15% прибавка по урожайности сохраняется и на этих почвах [8]. Немаловажно и то, что на базе гибридных сортов ржи появляется возможность быстро реализовать многие специфические требования потребителя относительно различных направлений хозяйственного использования. Популяционная селекция такой мобильностью не обладает.

В настоящее время в Госреестр селекционных достижений РФ внесены 5 гибридов немецкой селекции (Пикассо, Магнифико, Палаццо, КВС РАВО, Хеллтоп) и 2 гибрида украинской селекции. Больших посевных площадей они пока не занимают, однако тревожит то, что отечественных гибридов озимой ржи, созданных на линейном уровне, в Госреестре тоже не значится. Гетерозисная селекция ржи на основе ЦМС в селекцентрах РФ практически не ведется, главным образом, по причине недостаточного финансирования и отсутствия должной материально-технической базы, которая требуется для гибридной селекции.

В Московском НИИСХ «Немчиновка» работы по созданию гомозиготных линий для целей гибридной селекции были начаты внепланово в 1991 г. Для этого стали применять инцухт растений из самофертильных популяций, а также многократные насыщающие скрещивания для получения стерильных аналогов линий на базе ЦМС Пампа-типа. Предпочтение этому типу стерильности было отдано в связи с тем, что для него легче создать закрепители стерильности.

Получение гомозиготных линий ржи с высокой собственной продуктивностью – относительно менее трудоемкий этап в гетерозисной селекции. Более сложной и затратной является оценка их генетических свойств в межлинейных скрещиваниях. Чтобы установить, какой гетерозис они дадут в поколении F_1 , используют различные схемы

скрещиваний. Известно [9], что гетерозис сильнее всего проявляется в случае, если разные аллели одного гена зафиксированы в разных родительских линиях. Эта разность в частотах генов будет наибольшей только у высокогомозиготных линий. А это значит, что для синтеза таких линий необходимо применять многократный инцухт (не менее 6 поколений). Однако если высокоинбредные линии будут иметь генетическое родство по происхождению, то высокого эффекта гетерозиса ожидать не следует, так как в этом случае максимальная гетерозиготность в поколении F_1 не будет достигнута. Максимальное проявление гетерозиса обеспечивается только при скрещивании генетически разных инбредных линий.

Оценку комбинационной способности родительских линий обычно проводят на основе испытания гибридов от диаллельных скрещиваний. Однако эта схема скрещиваний требует получения большого числа гибридов и является невыполнимой при большом числе изучаемых линий. Более приемлемым в этом отношении является метод топкросса, предложенный R.L.Davis [10, 11]. Работая с кукурузой, он предложил вместо взаимного скрещивания линий друг с другом применять один общий родитель с широкой генетической основой (сорт-популяцию). Это необходимо для того, чтобы полнее охватить генетическую изменчивость, заключенную между линиями, и выявить лучшие комбинации по отдельным признакам. Скрещивание линий с сортом-тестером позволяет получить информацию только об их общей комбинационной способности. Однако если в качестве тестера использовать несколько хороших инбредных линий, то представляется возможность параллельно получить сведения об их специфической комбинационной способности, не прибегая к диаллельному скрещиванию.

Целью наших исследований было оценить общую и специфическую комбинационную способность инбредных линий озимой ржи на основе тестовых скрещиваний по схеме полных топкроссов и выявить лучшие родительские линии для использования в селекции гибридной ржи.

Материалы и методы. В предшествующие годы методом многократного (S_{10} и более) инцухта растений из гибридных популяций от скрещивания сортов ржи Восход 1, Восход 2, Валдай, Альфа, Саратовская 5, Безенчукская 87 и др. с различными донорами самофертильности было получено более 2000 гомозиготных линий. В процессе их селекции главными признаками при отборе были: зимостойкость, короткий и прочный стебель, высокая продуктивность колоса, масса 1000 зерен, устойчивость к грибным болезням, число падения и вязкость водного экстракта. В результате жесткой браковки для дальнейшей работы было отобрано около 400 лучших линий, отличающихся хорошей зимостойкостью, коротким и прочным стеблем, более озерненным колосом, крупным

зерном, раннеспелостью, устойчивостью к грибным болезням, высоким числом падения и вязкостью водного экстракта зернового шрота. Из этой группы было отобрано 25 относительно короткостебельных линий и на их базе получены стерильные аналоги, что позволило развернуть селекционный конвейер по синтезу межлинейных гибридов F_1 на основе ЦМС Пампа-типа. Для получения стерильных аналогов инбредных линий использовали метод возвратных скрещиваний (ВС), которые выполняли зимой в условиях теплицы. Беккроссирование проводили методом парных скрещиваний, для чего под один пергаментный изолятор помещали колосья стерильного и фертильного растений. В качестве источника стерильности Пампа-типа использовали одну из высокостерильных инбредных линий. Потомство от каждого беккросса (BC_0 , BC_1 , BC_2 , BC_3 и т.д.) визуально проверяли в теплице и в поле на степень удержания стерильности.

Родительские линии А и В в формуле простого гибрида получали на базе одного или же двух различных генопулов, не имеющих родства с генопулом синтетика-опылителя С. Тестовые скрещивания для оценки линий на комбинационную способность проводили по схеме топкросса, где в качестве отцовской формы использовали две хорошо отселектированные мужски фертильные линии Н-1172 и Н-1185, а в качестве материнских – 25 мужски стерильных инбредных линий. Полевые испытания 50 межлинейных гибридов F_1 проводили в 2016 г. на делянках $8,0 \text{ м}^2$ в 3-кратной повторности при норме высева 500 зерен на 1 м^2 . Уборку делянок проводили малогабаритным комбайном Wintersteiger Classic. Эффекты ОКС и СКС инбредных линий и тестеров оценивали на основе математической модели, предложенной В.Г.Вольф, П.П.Литун и др. [12].

Погодные условия в период вегетации озимой ржи в целом были благоприятные, но с некоторыми отклонениями от нормы. Перезимовка растений прошла удовлетворительно. Апрель был холодным, но в мае и июне удерживалась теплая и сухая погода, посевы не полегли, колошение и цветение проходило дружно. Однако в июле выпало почти две месячные нормы осадков, из-за чего у некоторых гибридов имело место полегание и снижение массы 1000 зерен. Высота растений у гибридов варьировала от 140 до 160 см, а устойчивость к полеганию – от 7 до 9 баллов.

Результаты. Данные полевого испытания 50 межлинейных гибридов F_1 озимой ржи представлены в табл.1. Как видно, изучаемые гибриды продемонстрировали наличие достоверных различий между ними при высоком уровне урожайности. Средняя урожайность гибридов в опыте составила 8,35 т/га и варьировала довольно значительно: от 7,02 до 9,06 т/га (тестер Н-1172) и от 7,15 до 10,26 т/га (тестер Н-1185). В целом гибриды от скрещивания линий с тестером Н-1185 были на 11,9 % более урожайными,

чем гибриды, полученные на базе тестера Н-1172. Среди гибридов с участием тестера Н-1185 выявлено 12 комбинаций, достоверно более урожайных, чем средняя урожайность в опыте, тогда как среди гибридов с участием тестера Н-1172 таковой оказалась только одна комбинация Н-1179 х Н-1172. Такой контраст указывает на существенные различия в комбинационной ценности изучаемых линий-тестеров. Характерно при этом, что линия Н-1179 оказалась единственной, которая дала наиболее урожайные гибриды при скрещивании с обоими тестерами (9,06 и 10,26 т/га соответственно). В целом же по опыту частота гибридов F_1 с существенно значимым гетерозисом по урожайности составила 13 из 50 или 26%.

1. Урожайность простых межлинейных гибридов F_1 (т/га)

Материнские линии линии	Тестеры		Среднее
	Н-1172	Н-1185	
Н-31	7,28	9,10*	8,19
Н-48	7,08	9,25*	8,16
Н-71	7,33	9,60*	8,46
Н-139	7,59	7,61	7,60
Н-283	8,15	9,12*	8,64
Н-325	8,28	9,24*	8,76
Н-422	7,02	8,42	7,72
Н-451	7,10	9,24*	8,17
Н-463	8,58	8,22	8,40
Н-577	7,35	8,99	8,17
Н-649	7,87	8,85	8,36
Н-663	8,12	9,09*	8,60
Н-699	8,02	8,85	8,44
Н-700	8,73	8,35	8,54
Н-732	7,65	8,15	7,90
Н-842	7,47	8,82	8,14
Н-1054	7,83	8,16	8,00
Н-1058	8,03	7,86	7,94
Н-1074	7,96	9,35*	8,66
Н-1078	8,83	8,78	8,81
Н-1179	9,06*	10,26*	9,66
Н-1190	7,32	9,19*	8,26
Н-1238	7,91	9,56*	8,74
Н-1276	8,58	9,14*	8,86
Н-1309	7,88	8,16	8,02
среднее:	7,88	8,82	8,35
НСР ₀₅	0,68		

*Примечание: урожайность гибрида достоверно выше средней урожайности в опыте.

Однако не только линии-тестеры, но и стерильные линии, взятые в качестве материнской формы, явились причиной сильной дифференциации гибридов по

урожайности. По группе 25 гибридов F_1 с участием тестера Н-1172 средний уровень урожайности достоверно превысили 5 комбинаций (линии Н-463, Н-700, Н-1078, Н-1179, Н-1276), а по группе 25 гибридов F_1 с участием тестера Н-1185 - 3 комбинации (линии Н-71, Н-1179 и Н-1238). Размах варьирования урожайности в обеих группах также различался и составил соответственно 20,4 ц/га и 26,5 ц/га, что указывает на большую генетическую разнокачественность испытываемых линий.

Основной причиной варьирования урожайности изучаемых гибридов могли быть различия родительских форм по комбинационной способности. Это подтвердил дисперсионный анализ, который позволил разложить генотипическую вариацию на три составные части: ОКС линий, ОКС тестеров и СКС отдельных сочетаний. В наших опытах все эти факторы оказали существенное влияние на дисперсию урожайности (табл.2).

2. Дисперсионный анализ комбинационной способности инбредных линий

Источники дисперсии	SS	df	ms^2	$F_{\text{факт.}}$	F_{05}
ОКС материнских линий	1013,5	24	42,2	2,41	1,63
ОКС линий-тестеров	1099,8	1	1099,8	62,8	3,94
СКС	975,1	24	40,6	2,32	1,63
Остаточная	1718,3	98	17,5		

Обращает на себя внимание большая дисперсия, обусловленная влиянием ОКС тестеров ($ms^2=1099,8$) и сравнительно слабая дисперсия, обусловленная ОКС линий ($ms^2=42,2$) и СКС ($ms^2=40,6$). Из данных табл.3 видно, что существенно высокие эффекты ОКС имели линии Н-325, Н-1078, Н-1179, Н-1238, Н-1276, а также линия-тестер Н-1185. Эти линии положительно влияли на уровень урожайности полученных с их участием гибридов.

3. Оценка эффектов ОКС и СКС материнских инбредных линий и отцовских линий-тестеров

Линии	Эффекты ОКС (g_i)	Эффекты СКС (s_{ij})		ΣS^2_{ij}	σ^2_{si}
		Н-1172	Н-1185		
Н-31	-1,6	-4,41	4,41	38,9	10,8
Н-48	-1,8	-6,16	6,16	87,1*	34,8
Н-71	1,2	-6,66	6,66	88,7*	35,6
Н-139	-12,0	9,09	-9,09	82,6*	30,9
Н-283	2,9	-0,16	0,16	0,1	0
Н-325	4,3*	-0,10	0,10	0,2	0
Н-422	-6,5	-2,31	2,31	10,7	0
Н-451	-1,8	-6,01	6,01	77,2	29,9
Н-463	0,5	6,49	-6,49	84,2*	31,4

H-577	-1,8	-3,51	-3,51	24.6	3.5
H-649	0,1	-0,20	0,20	0.1	0
H-663	2,6	-0,16	0,16	0.1	0
H-699	0,9	0,54	-0,54	0.6	0
H-700	1,9	6,59	-6,59	86.9*	34.7
H-732	-4,5	2,19	-2,19	9.6	0.9
H-842	-2,1	-2,06	2,06	8.5	0
H-1054	-3,5	3,04	-3,04	18.5	0
H-1058	-4,0	5,54	-5,54	61.4	22.0
H-1074	3,1	-2,26	2,26	10.2	0
H-1078	4,6*	4,94	-4,94	48.8	15.7
H-1179	13,0*	-1,31	1,31	3.4	0
H-1190	-0,9	-4,66	4,66	43.4	12.9
H-1238	4,0*	-3,56	3,56	25.3	4.0
H-1276	5,1*	1,89	-1,89	7.1	0
H-1309	-3,3	3,24	-3,24	21.0	1.8
Тестер H-1172	-4,7	$\Sigma S^2_{ij} = 452,8$			
тестер H-1185	4,7*	$\sigma^2_{sj} = 2,09$			
Ошибка Edgi (линии)	2,0				
Ошибка Edgj (тестеры)	1,2				

*Примечание: достоверно на 5% уровне значимости.

Анализ показывает, что одной из причин различного уровня ОКС линий-тестеров могла быть различная экспрессия отдельных морфо-биологических признаков. В наших опытах отцовская линия-тестер H-1185, показавшая относительно высокую ОКС по сравнению с линией H-1172, отличалась четко выраженной длинностебельностью (соответственно 95 см против 64 см), лучшей озерненностью колоса (37 зерен против 20) и большей крупнозерностью (масса 1000 зерен 29,5 г против 24,5 г). Связь экспрессии этих признаков с ОКС подтверждает корреляционный анализ, проведенный по 25 материнским линиям. Нами получены достоверные коэффициенты корреляции между эффектами ОКС линий и числом зерен в колосе ($r=0,48\pm 0,15$), а также между ОКС и массой 1000 зерен ($r=0,46\pm 0,16$). Корреляция ОКС с высотой растений была недостоверной. Следовательно, некоторые структурно простые признаки собственной продуктивности инбредных линий могут служить хорошим ориентиром при оценке их комбинационной способности. На эффективный прогноз продуктивности межлинейных гибридов ржи по данным продуктивности родительских компонентов указывают и другие исследователи [13].

Относительно оценок по СКС следует отметить, что в этом случае каждый показатель относится к паре линий, а не к отдельно взятым генотипам, как в случае ОКС. По нему можно определить, какие комбинации двух линий дают гибриды F1 с наивысшей урожайностью. В наших опытах существенно высокие оценки СКС при скрещивании с тестером H-1185 показали линии H-48 и H-71. При скрещивании с тестером H-1172 в

число лучших попали другие линии: Н-139, Н-463 и Н-700. Особый интерес представляет линия Н-1179, которая давала наиболее урожайные гибриды при скрещивании с обоими тестерами (соответственно 9,06 и 10,26 т/га). Это хорошо согласуется с ее высокой оценкой по ОКС ($gi=13,0$). На ее фоне очень контрастно выделяется линия Н-139, показавшая наиболее низкую оценку по ОКС ($gi=-12,0$).

Следует отметить, что в предыдущих наших исследованиях [14] линии Н-663, Н-1078 и Н-1179 также показали высокие оценки ОКС по урожайности. Это указывает на то, что данные линии могут обеспечить гарантию хорошей экологической стабильности полученных на их основе гибридов. Поэтому полевую оценку линий на ОКС и СКС целесообразно проводить в разные годы и в различных экологических точках.

Выводы. Изучение комбинационной способности инбредных линий озимой ржи по схеме топкроссов является эффективным методом оценки их пригодности для целей гибридной селекции. Данный метод позволяет эффективно дифференцировать по уровню ОКС и СКС не только материнские линии, но и отцовские линии-тестеры. Селекционный интерес представляет тот факт, что уровень ОКС линий можно ориентировочно прогнозировать по таким структурно простым признакам, как число зерен в колосе и масса 1000 зерен. Эти признаки, равно как и короткостебельность, следует считать наиболее приоритетными при селекции инбредных линий ржи.

Литература

1. Geiger, H.H. Strategies of Hybrid Rye Breeding // Vortrag für Pflanzenzuchtung, 2007.– 41.– P.1-5.
2. Geiger, H.H. Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.) // Aufgaben und Entwicklungstendenzen der Roggenforschung und Roggenzuchtung.–1982.–№198.– P.306-332.
3. Miedaner, T. Zuchtung // In Buch: Roggen-Getreide mit Zukunft. DLG-Verlag-GmbH.-2007.– p.27-51.
4. Geiger, H.H., Miedaner T. Rye Breeding // In Handbook Cereals. By Editor Marcelo J.Carena, Springer Science + Business Media. LLC– 2009.– p.157-182.
5. Wilde P., Bajgain P., Dopierala P., Gordillo A., Korzun V., Menzel J., Schmiedchen B., Steffan P. Genetic gain from hybrid rye breeding: achievements and challenges // Intern. Confer.on Rye Breeding and Genetics. Wroclaw, Poland, 24-26 June 2015, p.20-21.
6. Banaszak, Z., Banaszak K., Kaczmarek K.. Rye varieties in Poland // Intern. Confer.on Rye Breeding and Genetics. Wroclaw, Poland, 24-26 June, 2015, p.26.
7. Larsen, R.J. Historical, current and potential future trends for rye production and breeding in Canada // Intern. Confer.on Rye Breeding and Genetics. Wroclaw, Poland, 24-26 June 2015, p.24.

8. Machan, F. Productivity and quality of rye hybrids and possibilities of their further spreading in the Czech Republic // Votr. Pflanzenzuchtung, 1996, 35. – P.146-147.
9. Фолконер, Д.С. Введение в генетику количественных признаков / Д.С. Фолконер.– М.: 1985. –Агропромиздат.– 484 с.
10. Davis, R.L. Report of the Plant Breeder //Ann. Rept. Puerto Rico Agr. Exp. Station, . 1927.– P.14-15.
11. Davis, R.L. Maize crossing values in second-generation lines // Journal of Agricultural Research. Washington, D.S. 1931– v.48. – № – 4. – P.339-357.
12. Вольф, В.Г. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности / В.Г. Вольф, П.П. Литун. – Харьков.– 1980.– 75 с.
13. Reif J.C., Hahn V., Melchinger A.E. Genetic basis of heterosis and prediction of hybrid performance // Helia, 2012, 35, 57.– P.1-8.
14. Гончаренко, А.А. Оценка комбинационной способности инбредных линий озимой ржи в топкроссных скрещиваниях / А.А. Гончаренко, С.А. Ермаков, А.В. Макаров, Т.В. Семенова, В.Н. Точилин, О.А. Крахмалева // Достижения науки и техники АПК.– 2016.– №9.– С.19-22.

Literature

1. Geiger, H.H. Strategies of Hybrid Rye Breeding // Vortrag fur Pflanzenzuchtung, 2007.- 41.- p.1-5.
2. Geiger, H.H. Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.) // Aufgaben und Entwicklungstendenzen der Roggenforschung und Roggenzuchtung.–1982.–№198.– S.306-332.
- 3.Miedaner T. Zuchtung // In Buch: Roggen-Getreide mit Zukunft. DLG-Verlag-GmbH.–2007.– p.27-51.
4. Geiger. H.H., Miedaner T. Rye Breeding // In Handbook Cereals. By Editor Marcelo J. Carena, Springer Science + Business Media. LLC.– 2009.– p.157-182.
5. Wilde P., Bajgain P., Dopierala P., Gordillo A., Korzun V., Menzel J., Schmiedchen B., Steffan P. Genetic gain from hybrid rye breeding: achievements and challenges // Intern. Confer.on Rye Breeding and Genetics. Wroclaw, Poland, 24-26 June 2015, p.20-21.
6. Banaszak Z., Banaszak K., Kaczmarek K.. Rye varieties in Poland // Intern. Confer. on Rye Breeding and Genetics. Wroclaw, Poland, 24-26 June, 2015, p.26.
7. Larsen. R.J. Historical, current and potential future trends for rye production and breeding in Canada // Intern. Confer. on Rye Breeding and Genetics. Wroclaw, Poland, 24-26 June 2015, – p.24.

8. Machan, F. Productivity and quality of rye hybrids and possibilities of their further spreading in the Czech Republic // Votr. Pflanzenzuchtung, 1996, 35, p.146-147.
9. Folkoner D.S. The introduction into the genetics of quantitative traits. M.: 1985. - Agropromizdat. - 484 p.
10. Davis R.L. Report of the Plant Breeder //Ann. Rept. Puerto Rico Agr. Exp. Station, . 1927.- p.14-15.
11. Davis R.L. Maize crossing values in second-generation lines // Journal of Agricultural Research. Washington, D.S. 1931.- v.48. - № - 4. - P.339-357.
12. Volf V.G., Litun P.P. methodical recommendations on the application of math methods for the analysis of experimental data in the study of combining ability. Kharkov. - 1980. - 75p.
13. Reif J.C., Hahn V., Melchinger A.E. Genetic basis of heterosis and prediction of hybrid performance // Helia, 2012, 35, 57.- p.1-8.
14. Goncharenko, A.A. The assessment of combining ability of the inbred lines of winter rye in top-crossings / A.A. Goncharenko, S.A. Ermakov, A.V. Makarov, T.V. Semenova, V.N. Tochilin, O.A. Krakhmareva // Achievements of science and technique of AIC. - 2016. - №9-- PP.19-22.