

УДК 631:(521/522+523)

DOI: 10.25230/2412-608X-2021-2-186-41-45

Перспективные экспериментальные гибриды рапса ярового (*Brassica napus* L.), созданные с использованием системы ЦМС типа *Polima*

И.О. Пастухов,

канд. с.-х. наук

В.В. Карпачёв,

д-р с.-х. наук, профессор

Липецкий НИИ рапса – филиал ФГБНУ ФНЦ
ВНИИМК

398037, Россия, г. Липецк, ул. Боевой проезд, д. 26

Тел.: (4742) 34-63-61

E-mail: vniirapsa@mail.ru;

pastuhov2009@rambler.ru

Для цитирования: Пастухов И.О., Карпачёв В.В. Перспективные экспериментальные гибриды рапса ярового (*Brassica napus* L.), созданные с использованием системы ЦМС типа *Polima* // Масличные культуры. – 2021. – Вып. 2 (186). – С. 41–45.

Ключевые слова: рапс яровой (*Brassica napus* L.), гетерозис, цитоплазматическая мужская стерильность, продуктивность.

Одним из направлений селекции ярового рапса является создание гетерозисных гибридов. Семноводство большинства используемых в производстве гибридов F₁ осуществляется на двух типах цитоплазматической мужской стерильности – *polima* и *ogura*. В Липецком НИИ рапса были созданы и оценены по основным селекционно-ценным признакам и свойствам восстановители фертильности на стерильной цитоплазме. Цель работы заключалась в создании эффективных восстановителей, необходимых для получения высокопродуктивных гибридов на цитоплазме типа *Polima*. Материалом послужили 56 сортообразцов *Brassica napus* L., отобранных нами в 2013 г. Исследования показали, что полученные восстановленные гибриды F₁ превысили по отдельным элементам структуры урожая и продуктивности родительские формы и стандарты – сорта рапса Ратник и Риф. Практический интерес для создания гибридов на цитоплазме типа *Polima* представляет восстановитель LHR-1.

Promising experimental hybrids of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) for CMS-system of *Polima* type.

I.O. Pastukhov, PhD agriculture

V.V. Karpachyov, doctor of agriculture, professor

Lipetsk Rapeseed Research Institute – a branch of
V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil
Crops

26, Boevoy proezd, Lipetsk, 398037, Russia

Tel.: (4742) 34-63-61

E-mail: vniirapsa@mail.ru

pastuhov2009@rambler.ru

Key words: spring rapeseed (*Brassica napus* L.), heterosis, cytoplasmic male sterility, productivity.

One of the prior directions in spring rapeseed breeding is development of heterotic hybrids. Seed growing of the most hybrids F₁ used in production are often carried out by two types of cytoplasmic male sterility, they are *polima* and *ogura*. At the Lipetsk Rapeseed Research Institute, fertility restorers on sterile cytoplasm were made and estimated for the main valuable traits. The purpose of the research was to develop effective restorers, which are necessary for obtaining of highly productive hybrids on the *Polima* type cytoplasmic male sterility (CMS). The object of research was 56 varieties of *Brassica napus* L., which were selected in 2013. It is noted that hybrids F₁ were more productive than the parental forms and the standards (the varieties Ratnik and Rif). The restorer line LHR-1 is of practical interest for the development of hybrids on the *Polima* CMS.

Введение. Благодаря цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) и генетической регуляции восстановления фертильности, использование эффекта гетерозиса получило распространение в селекции сельскохозяйственных культур [1].

Одно из наиболее перспективных направлений селекции рапса – это создание гетерозисных гибридов [2; 3]. Для использования гибридов в производстве обязательным является контролируемое опыление на основе мужской стерильности материнской формы и отцовской линии-восстановителя фертильности гибрида F₁ [4].

Цитоплазматическая мужская стерильность типа *Polima* восстанавливается одной парой доминантных генов *Rf* [5].

Механизм данного типа стерильности заключается в отсутствии развития археспор или задержке их дифференциации, из-за чего пыльники стерильных растений становятся мелкими, имеют стреловидную форму и белый цвет [6]. Во время развития пыльников и дифференциации археспор проявляется действие генов мужской стерильности.

Материнская линия простого гибрида не должна восстанавливать фертильность. Однако этой способностью должна обладать хотя бы одна из двух линий простого гибрида [7].

Целью наших исследований являлось создание эффективных восстановителей, необходимых для получения высокопродуктивных гибридов на цитоплазме типа *Polima*.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2012–2019 гг. в ФГБНУ «Липецкий научно-исследовательский институт рапса» по поиску восстановителя фертильности ярового рапса. Поскольку все сорта рапса являлись закрепителями стерильности типа *Polima*, в качестве материала исследований были использованы 56 сортообразцов *Brassica napus* L., отобранные нами в 2013 г.

В наших исследованиях восстановитель фертильности LHR-1 для цитоплазмы типа *Polima* ЦМС был создан на основе источника генов *Rf*, любезно предоставленного канадским селекционером Р.В.Е. McVetty. При создании восстановителя фертильности у ярового рапса проблема заключалась в том, что источник генов восстановления являлся озимой формой с содержанием в масле эруковой кислоты 7,66 %, а содержание глюкозинолатов в семенах составляло более 2,75 % [8].

Закладка опытов, наблюдения, учеты и анализы выполнялись с использованием методики полевого опыта [9], методики проведения полевых агротехнических опытов [10], методики статистической обработки данных [11].

Результаты и обсуждение. С целью получения восстановления фертильности для ЦМС типа *Polima* на стерильной основе проводили насыщающие скрещивания с отбором по генам *Rf* при создании восстановителя LHR-1, полученного из гибридной комбинации.

С помощью оценки гибридов F₁ среди расщепляющихся образцов стерильной линии LHS-1 с самоопыленными линиями восстановителя фертильности типа *Polima* выделили линии, имеющие 100%-ную восстановительную способность и соответственно ген *RfRf* (табл. 1).

Таблица 1

Восстановительная способность линий LHR-1 (тип *Polima*) по гену *RfRf*, %

№	Комбинация скрещивания	Год исследования			Среднее значение
		2014	2015	2016	
1	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-3	100	100	100	100
2	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-5	70	75	80	75
3	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-7	50	60	60	57
4	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-9	100	100	100	100
5	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-11	80	70	80	77
6	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-16	80	90	80	83
7	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-18	100	90	80	90
8	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-19	90	90	90	90
9	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-21	70	73	70	71
10	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-22	100	81	85	89
11	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) p-4), p-23	90	85	80	85
12	LHS-1 × (LHS-1 × Monty, p-13)	60	50	50	53
13	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) дел.), p-2	100	100	100	100
14	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) дел.), p-3	100	70	75	82
15	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) дел.), p-6	100	100	100	100
16	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) дел.), p-7	100	100	100	100
17	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) дел.), p-8	100	100	100	100
18	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) дел.), p-9	100	80	80	87
19	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) дел.), p-10	100	100	100	100
20	LHS-1 × ((LHR-1, ф.р.©р ³) дел.), p-11	100	80	80	87

Исследуемые линии в основной массе являлись гетерозиготными по эффекту восстановления фертильности у рапса. К полуфертильным отнесены линии, в пыльниках цветков которых обнаружена фертильная и стерильная пыльца. У гибрида LHS-1 × (LHS-1 × Monty, p-13) в соцветиях сформировалось 47 % стерильных и 53 % фертильных цветков, а у гибрида LHS-1 × (LHR-1, ф.р.©р³) p-4), p-7 было сформировано 43 % стерильных и 57 % фертильных цветков. Гибриды LHS-1 × (LHR-1, ф.р.©р³) p-4), p-15; LHS-1 × (LHS-1 × Monty, p-1); LHS-1 × (LHS-1 × Monty, p-2); LHS-1 × (LHS-1 × Monty, p-3);

LHS-1 × (LHS-1 × Monty, p-5); LHS-1 × (LHS-1 × Monty, p-6) имели только стерильные цветки.

По итогам многолетних исследований установлено, что перспективные образцы LHS-1 × (X-401, ф.р.©р³) p-4), p-3; LHS-1 × (X-401, ф.р.©р³) p-4), p-9; LHS-1 × (LHR-1, ф.р.©р³) дел.), p-6; LHS-1 × (X-401, ф.р.©р³) дел.), p-7; LHS-1 × (X-401, ф.р.©р³) дел.), p-8; LHS-1 × (LHR-1, ф.р.©р³) дел.), p-10 при нормальных условиях роста и развития могут обеспечить высокую степень фертильности гибридов.

Перспективные гибридные комбинации были изучены по продуктивности в трех повторениях в сравнении с сортами-стандартами Ратник и Риф.

Проведена агробиологическая оценка перспективных гибридных комбинаций, изучена структура урожая и качество семян.

Установлено, что высота растений гибридов F₁ варьировала от 93,5 см у LHS-1 × LHR-1, p-9 в 2017 г. до 125,8 см у LHS-1 × LHR-1, p-10 в 2018 г. (табл. 2).

Таблица 2

Высота растений фертильных гибридов F₁ рапса, 2017–2019 гг.

№	Происхождение	Высота растения, см			
		год исследования			
		2017	2018	2019	\bar{X}
1	LHS-1 × LHR-1, p-3	114,2	110,7	119,7	114,9 ± 4,5
2	LHS-1 × LHR-1, p-9	93,5	112,0	125,7	110,4 ± 16,2
3	LHS-1 × LHR-1, p-6	96,7	117,8	121,6	112,0 ± 13,4
4	LHS-1 × LHR-1, p-7	98,2	115,7	120,0	111,3 ± 11,5
5	LHS-1 × LHR-1, p-8	108,0	112,6	122,3	114,3 ± 7,3
6	LHS-1 × LHR-1, p-10	103,8	125,8	123,7	117,8 ± 12,1
7	Ратник, st.	108,3	128,0	130,3	122,2 ± 12,1
8	Риф, st.	104,3	120,6	128,7	117,9 ± 12,4
	НСР ₀₅	12,3	10,0	7,9	10,1 ± 2,2

По результатам исследования продуктивности растений наиболее ценными оказались гибриды LHS-1 × LHR-1, p-3; LHS-1 × LHR-1, p-8; LHS-1 × LHR-1, p-7.

По признаку масса семян с одного растения значения варьировали от 2,93 до 3,04 г, что достоверно превосходило стандарт (табл. 3).

Продуктивность LHS-1 × LHR-1, p-10 была достоверно ниже других гибридов F₁ и стандарта.

Таблица 3

Продуктивность гибридов F₁ ярового рапса, 2017–2019 гг.

№	Происхождение	Масса семян с растения, г			
		год исследования			
		2017	2018	2019	\bar{X}
1	LHS-1 × LHR-1, p-3	1,48	5,97	3,04	3,50 ± 2,28
2	LHS-1 × LHR-1, p-9	1,35	4,20	1,50	2,35 ± 1,60
3	LHS-1 × LHR-1, p-6	1,28	3,97	1,31	2,19 ± 1,54
4	LHS-1 × LHR-1, p-7	1,67	2,91	3,00	2,53 ± 0,74
5	LHS-1 × LHR-1, p-8	1,34	3,35	2,93	2,54 ± 1,06
6	LHS-1 × LHR-1, p-10	1,13	2,03	1,63	1,60 ± 0,46
7	Ратник, st.	0,76	1,71	1,11	1,19 ± 0,48
8	Риф, st.	0,81	2,01	1,09	1,30 ± 0,63
	НСР ₀₅	0,54	2,11	1,39	1,35 ± 0,79

Показатель масса 1000 семян у гибридов F₁ рапса находился в пределах от 2,53 до 4,55 г. Наиболее крупные семена были у гибридов F₁ LHS-1 × LHR-1, p-7 и LHS-1 × LHR-1, p-8 – от 3,79 ± 1,09 до 3,83 ± 0,82 г (табл. 4).

Более низкие показатели массы 1000 семян выявлены у гибрида F₁ LHS-1 × LHR-1, p-3 – 3,57 ± 0,85 г.

Таблица 4

Масса 1000 семян у фертильных гибридов F₁ рапса, 2017–2019 гг.

№	Происхождение	Масса 1000 семян, г			
		год исследования			
		2017	2018	2019	\bar{X}
1	LHS-1 × LHR-1, p-3	4,14	3,98	2,60	3,57 ± 0,85
2	LHS-1 × LHR-1, p-9	4,27	4,17	2,86	3,77 ± 0,79
3	LHS-1 × LHR-1, p-6	4,23	4,13	2,71	3,69 ± 0,85
4	LHS-1 × LHR-1, p-7	4,47	4,38	2,53	3,79 ± 1,09
5	LHS-1 × LHR-1, p-8	4,39	4,22	2,89	3,83 ± 0,82
6	LHS-1 × LHR-1, p-10	4,55	4,05	2,63	3,74 ± 1,00
7	Ратник, st.	4,35	4,09	2,78	3,74 ± 0,84
8	Риф, st.	4,44	4,05	2,82	3,77 ± 0,84
	НСР ₀₅	0,51	0,33	0,52	0,45 ± 0,11

По содержанию масла в семенах все гибриды не имели достоверных различий (табл. 5). Самое низкое содержание масла в семенах в среднем за три года испытаний отмечено у гибридов LHS-1 × LHR-1, p-8 (36,9 ± 1,3), LHS-1 × LHR-1, p-10 (36,9 ± 2,1), наиболее высокое – у гибридов LHS-1 × LHR-1, p-3 (38,0 ± 1,9), LHS-1 × LHR-1, p-7 (37,8 ± 1,5).

Содержание масла в семенах варьировало от 35,0 % у гибрида LHS-1 × LHR-1, p-10 в 2018 г. до 39,8 % у гибрида LHS-1 × LHR-1, p-3 в 2019 г.

По содержанию белка в семенах гибриды рапса не имели достоверных различий, этот показатель варьировал в пределах от 25,77 % у LHS-1 × LHR-1, p-7 в 2018 г. до 29,02 % у LHS-1 × LHR-1, p-9 также в 2018 г.

Таблица 5

Содержание масла и белка в семенах гибридов, %

№	Происхождение	Масличность, %				Белок, %			
		год исследования				год исследования			
		2017	2018	2019	\bar{X}	2017	2018	2019	\bar{X}
1	LHS-1 × LHR-1, p-3	38,2	36,0	39,8	38,0 ± 1,9	27,31	28,02	24,70	26,7 ± 1,7
2	LHS-1 × LHR-1, p-9	38,1	37,2	37,7	37,7 ± 0,5	26,20	29,02	26,09	27,1 ± 1,7
3	LHS-1 × LHR-1, p-6	38,6	36,5	36,6	37,2 ± 1,2	26,06	27,72	26,16	26,6 ± 0,9
4	LHS-1 × LHR-1, p-7	39,3	36,2	37,8	37,8 ± 1,5	25,77	28,29	27,17	27,1 ± 1,3
5	LHS-1 × LHR-1, p-8	38,4	36,1	36,1	36,9 ± 1,3	26,68	28,49	27,59	27,6 ± 0,3
6	LHS-1 × LHR-1, p-10	39,1	35,0	36,4	36,9 ± 2,1	26,42	29,64	25,23	27,1 ± 2,3
7	Ратник, st.	38,1	37,1	37,4	37,5 ± 0,5	27,45	28,96	26,68	28,0 ± 1,2
8	Риф, st.	38,4	37,1	36,8	37,4 ± 0,9	26,18	28,71	26,53	27,1 ± 1,4
	НСР ₀₅	1,87	1,64	1,66	1,72 ± 0,1	1,60	1,17	2,08	1,7 ± 0,4

Одним из наиболее важных показателей, которые характеризуют качество рапсового масла, является содержание олеиновой кислоты – мононенасыщенной жирной кислоты (Омега-9) [12].

Достоверно высокое содержание олеиновой кислоты в масле отмечено у LHS-1 × LHR-1, p-6 – 64,0 ± 3,1 % (табл. 6). Все остальные гибриды имели содержание олеиновой кислоты на уровне стандарта.

Содержание эруковой кислоты в семенах гибридов F₁ во все годы испытаний не превышало допустимых показателей. Самое высокое содержание отмечено у LHS-1 × LHR-1, p-3 (0,45 %) в 2019 г., самое низкое – у LHS-1 × LHR-1, p-8 (0,11 %) в 2017 г. и LHS-1 × LHR-1, p-9 (0,11 %) в 2018 г.

Питательная ценность рапсового жмыха и шрота ограничивается серосодержащими соединениями – глюкозинола-

тами. Во время гидролиза, под действием фермента мирозиназы, они распадаются на изотиоцианаты, тиоцианаты, оксазолидинтионы, которые негативно влияют на щитовидную железу животных, и нитрилы, являющиеся токсичными [13].

Таблица 6

Содержание отдельных жирных кислот в семенах гибридов F₁, %

№	Происхождение	Олеиновая кислота, %				Эруковая кислота, %			
		год исследования				год исследования			
		2017	2018	2019	\bar{X}	2017	2018	2019	\bar{X}
1	LHS-1 × LHR-1, p-3	64,0	60,5	58,4	61,0 ± 2,8	0,25	0,28	0,45	0,33 ± 0,11
2	LHS-1 × LHR-1, p-9	63,9	59,8	58,2	60,6 ± 2,9	0,26	0,11	0,33	0,23 ± 0,11
3	LHS-1 × LHR-1, p-6	66,0	65,6	60,4	64,0 ± 3,1	0,14	0,07	0,35	0,19 ± 0,14
4	LHS-1 × LHR-1, p-7	65,0	62,4	61,2	62,8 ± 1,9	0,15	0,15	0,23	0,18 ± 0,05
5	LHS-1 × LHR-1, p-8	66,8	63,7	58,7	63,1 ± 2,1	0,11	0,09	0,44	0,21 ± 0,19
6	LHS-1 × LHR-1, p-10	66,1	61,7	60,2	62,7 ± 3,0	0,13	0,20	0,36	0,23 ± 0,11
7	Ратник, st.	65,2	62,5	57,8	61,8 ± 3,7	0,10	0,00	0,32	0,14 ± 0,16
8	Риф, st.	65,1	60,9	56,8	60,9 ± 4,1	0,11	0,23	0,45	0,26 ± 0,17
	НСР ₀₅	2,40	2,79	1,78	2,32 ± 0,5	0,21	0,13	0,14	0,16 ± 0,04

Гибриды F₁ имели равное или достоверно более высокое содержание глюкозинолатов в семенах (16,04–25,27 мкмоль/г) в сравнении со стандартом Ратник и равное – с Риф (табл. 7).

Таблица 7

Содержание глюкозинолатов в семенах гибридов F₁, мкмоль/г

№	Происхождение	Год исследования			
		2017	2018	2019	\bar{X}
1	LHS-1 × LHR-1, p-3	22,1	19,2	25,3	22,2 ± 3,0
2	LHS-1 × LHR-1, p-9	17,2	16,0	22,0	18,4 ± 3,1
3	LHS-1 × LHR-1, p-6	17,7	21,4	23,6	20,9 ± 2,9
4	LHS-1 × LHR-1, p-7	20,6	21,6	22,7	21,7 ± 1,0
5	LHS-1 × LHR-1, p-8	20,9	20,6	22,7	21,4 ± 1,1
6	LHS-1 × LHR-1, p-10	18,9	22,4	21,4	20,9 ± 1,8
7	Ратник, st.	16,0	14,3	20,4	16,9 ± 3,1
8	Риф, st.	21,1	22,4	21,8	21,7 ± 0,6
	НСР ₀₅	0,18	0,18	4,18	1,51 ± 2,3

У LHS-1 × LHR-1, p-3 отмечено максимальное количество глюкозинолатов в семенах (25,27 мкмоль/г), у LHS-1 × LHR-1, p-9 – минимальное – 16,0 мкмоль/г.

Выводы. В результате проведенных исследований выделены перспективные восстановители цитоплазматической мужской стерильности типа *Polima*: LHR-1, p-3;

LHR-1, p-7; LHR-1, p-8. Они обеспечили полное восстановление фертильности стерильных линий с ЦМС типа *Polima*.

Отдельные элементы структуры урожая гибридов рапса F₁ с выделенными восстановителями фертильности, в том числе масса семян с одного растения, превысили показания родительских форм и стандартов.

Проведенные исследования показали, что восстановитель типа *Polima* LHR-1 представляет практический интерес для создания гибридов на этом типе цитоплазмы, а также как исходный материал для получения других восстановителей.

Список литературы

1. Боос Г.В., Бадина Г.В., Буренин В.И. Гетерозис овощных культур. – Л., 1990. – 223 с.
2. Кильчевский А.В. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 1. Общая генетика растений / Науч. ред. А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 551 с.
3. Birchler J.A., Yao H., Chudalay S. [et al.]. Heterosis // *Plant Cell*. – 2010. – Vol. 22. – P. 2105–2112.
4. Карпачев В.В., Пастухов И.О. Оценка нового материала для гетерозисной селекции ярового рапса, созданного на основе двух систем ЦМС // *Вестник Воронежского ГАУ*. – Воронеж, 2017. – № 3. – С. 31–36.
5. Yang G., Fu T. The inheritance of Polima cytoplasmic male sterility in *Brassica napus* L. // *Plant Breed.* – 1990. – Vol. 104. – P. 121–124.
6. Bartkowiak-Broda I. CMS polima // *Proc. of 9th Intern. Rapeseed Congr.* – 1995. – V. 1. – P. 22–28.
7. Wei W.L., Wang H.Z., Liu G.H. Cytological and molecular characterization of a new cytoplasmic male sterility in rapeseed // *Plant Breeding*. – Aug 2009. – Vol. 128. – Is. 4. – P. 426–428.
8. Карпачев В.В. Рапс яровой. Основы селекции: монография. – Липецк: ГНУ ВНИПТИ рапса, 2008. – 236 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 416 с.
10. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Баранов В.Ф. [и др.]. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. – Краснодар: ООО РИА «АлВи-дизайн», 2010. – 327 с.
11. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. – М.: Колос, 1966. – 253 с.
12. Пастухов И.О. Селекционно-генетические принципы создания гетерозисных гибридов рапса ярового (*Brassica napus* L.) в ЦЧР: дис. ... к. с.-х. наук / Игорь Олегович Пастухов. – Рамонь, 2018. – 135 с.
13. Parnell A., Craig E.A., Draper S.P. Changes in the glucosinolate content of seed of winter oilseed rape varieties in successive generations // *J. Nation. Instit. Agric. Bot.* – 1983. – V. 16. – No 2. – P. 207–212.

References

1. Boos G.V., Badina G.V., Burenin V.I. Geterozis ovoshchnykh kultur. – L., 1990. – 223 s.
2. Kilchevskiy A.V. Geneticheskiye osnovy seleksii rasteniy. V 4 t. T.1. Obshchaya genetika rasteniy / Nauch. red. A.V. Kilchevskiy, L.V. Khotyleva. – Minsk: Belarus. Nauka, 2008. – 551 s.
3. Birchler, J.A., Yao H., Chudalay S. [et al.]. Heterosis // *Plant Cell*. – 2010. – Vol. 22. – P. 2105–2112.
4. Karpachev V.V., Pastukhov I.O. Otsenka novogo materiala dlya geterozisnoy seleksii yarovogo rapsa. sozdannogo na osnove dvukh sistem CMS // *FGBOU VO Voronezhskiy GAU*. – Voronezh, 2017. – № 3. – S. 31–36.
5. Yang G., Fu T. The inheritance of Polima cytoplasmic male sterility in *Brassica napus* L. // *Plant Breed.* – 1990. – Vol. 104. – P. 121–124.
6. Bartkowiak-Broda I. CMS polima // *Proc. 9th Intern. Rapeseed Congr.* – 1995. – V. 1. – P. 22–28.
7. Wei W.L., Wang H.Z., Liu G.H. Cytological and molecular characterization of a new cytoplasmic male sterility in rapeseed // *Plant Breeding*. – Aug 2009. – Vol. 128. – Is. 4. – P. 426–428.
8. Karpachev V.V. Raps yarovoy. Osnovy seleksii: monografiya. – GNU VNIPTI rapsa. – Lipeck, 2008. – 236 s.
9. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). – M.: Agropromizdat, 1985. – 416 s.
10. Lukomec V.M., Tishkov N.M., Baranov V.F. [i dr.]. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami. – Krasnodar: OOO RIA «AlVi-dizajn», 2010. – 327 s.
11. Vol'f V.G. Statisticheskaya obrabotka opytnykh dannyyh // M.: Kolos, 1966. – 253 s.
12. Pastukhov I.O. Seleksionno-geneticheskiye printsipy sozdaniya geterozisnykh gibridov rapsa yarovogo (*Brassica napus* L.) v TsChR: Dis. k. s.-kh. nauk. – Ramon, 2018. – 135 s.
13. Parnell A., Craig E.A., Draper S.P. Changes in the glucosinolate content of seed of winter oilseed rape varieties in successive generations // *J. Nation. Instit. Agric. Bot.* – 1983. – V. 16. – No 2. – P. 207–212.

Получено/Received

19.10.2020

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

09.11.2020

Получено после доработки/Manuscript revised

15.11.2020

Принято/Accepted

13.05.2021

Manuscript on-line

02.07.2021