

УДК 633.853.483:631.52

СЕЛЕКЦИОННАЯ ЦЕННОСТЬ ЛИНИЙ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ

© 2018 Е.В. Картамышева¹, Т.Н. Лучкина¹, Л.А. Горлова², И.А. Лобунская¹¹Донская опытная станция–филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Ростовская область²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», г. Краснодар

Статья поступила в редакцию 15.11.2018

Селекция растений всегда связана с отбором и зависит как от генотипа, так и от реакции фенотипа. Исследования проведены в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения, объектом послужила горчица сарептская. Данный вид является факультативным самоопылителем с процентом ксеногамии от 1,7 до 45 % в зависимости от генотипа и условий выращивания. Получение самоопыленных линий горчицы сизой приобретает важное значение при отборе, поскольку происходит в гетерогенных популяциях. Оценку линий можно проводить на ранних этапах инцухтирования, так как данный вид не проявляет при этом значительной депрессии. Исследования направлены на отбор линий, превосходящих исходный материал по продуктивности и другим хозяйственным признакам. В статье проанализирована изменчивость количества семян под изоляторами в зависимости от погодных условий выращивания горчицы. Максимальное количество семян под изолятором получено при самоопылении в первые 2 недели цветения при разреженном посеве. Показана вариабельность масличности семян (от 24,8 до 49,2 %), полученных при самоопылении в контрастных условиях. Выделен и оценен перспективный для селекции линейный материал горчицы сарептской по основным хозяйственным признакам, а также их сочетанию. Отмечено 9 линий, достоверно превышающих стандарт по урожайности, масличности семян и содержанию олеиновой кислоты в масле, а также линии, сочетающие комплекс признаков. Выделенный линейный материал горчицы сарептской имеет важное значение и служит основой получения исходного материала и сортов в селекции по основным хозяйственно ценным признакам. *Ключевые слова:* горчица сарептская, самоопыление, отбор, линии, урожайность, масличность, жирно-кислотный состав масла.

*Исследования выполнены в рамках Государственного задания № 007-01781-17-00
Федерального агентства научных организаций.*

ВВЕДЕНИЕ

Горчица сарептская (*Brassica juncea* Czern.) или сизая, относится к семейству капустных (крестоцветных) – *Brassicaceae* (*Cruciferae*). Она является холодостойкой культурой, всходы способны выдерживать кратковременные заморозки до минус

5–6 °С, не требовательна к почвам. Вегетационный период составляет 70–95 дней. В короткие сроки формирует большую вегетативную массу [1].

Её возделывают в основном для получения семян. Масло её широко применяют в пищевых производствах, в парфюмерии, мыловарении и других отраслях промышленности. Порошок используют при изготовлении горчичников, столовой горчицы, майонезов и соусов, а также в консервировании овощей, ягод, фруктов [2]. Исследования в области антиоксидантов показали высокую активность водного раствора клейковины горчицы, превосходящую цитрусовые и ксантановую камедь, применяемые в пищевой промышленности [3].

Растения горчицы оказывают положительное влияние на почву, обогащая ее органическим веществом и дренируя почвенные горизонты. Корневая система подавляет развитие

Картамышева Елена Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией селекции мелкосемянных масличных культур.

E-mail: secretdos@ya.ru

Лучкина Татьяна Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник.

E-mail: luchkina.tanya@yandex.ru

Горлова Людмила Анатольевна, кандидат биологических наук, заведующая отделом селекции рапса и горчицы.

E-mail: lagorlova26@yandex.ru

Лобунская Ирина Алексеевна, аналитик лаборатории селекции мелкосемянных масличных культур.

E-mail: lobunskaya95@mail.ru

возбудителей различных почвенных болезней, что делает горчицу одним из лучших предшественников зерновых и кормовых культур, а также прекрасным сидератом. Огромный положительный эффект дает совместное выращивание горчицы и многолетних трав, позволяя повысить продуктивность кормовых угодий, продлевая в 2 раза срок использования многолетних трав [4]. Разработанная В.И. Буянкиным [5] технология бинарного посева озимой пшеницы с горчицей дает возможность ремонтировать весной изреженные посевы зерновых культур, получая высокую эффективность поля.

Современное производство предъявляет высокие требования к новым сортам полевых культур. В настоящее время на станции ведется селекция высокоурожайных и высокомасличных сортов с улучшенным жирно-кислотным составом масла, устойчивых к болезням полеганию и осыпанию. Анализ изменения урожайности и масличности семян горчицы с начала селекции демонстрирует постепенное повышение показателей, определяемых генетическими изменениями сортов по урожайности более 200 %, по масличности – на 12-15 % [6]. Вместе с тем, важно определить наиболее эффективные способы отбора с учетом условий проведения исследований. Учреждения, осуществляющие селекционную работу с горчицей, находятся в основной зоне возделывания культуры – Волгоградской, Саратовской, Ростовской областях

и Краснодарском крае. В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, зарегистрировано 17 сортов горчицы сарептской (*Brassica juncea* Czern.) [7], девять из которых созданы селекционерами ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК.

Целью настоящего исследования является определение эффективности самоопыления в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения при создании линейного исходного материала горчицы сарептской и выявление лучших линий, сочетающих различные хозяйственно ценные признаки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на Донской опытной станции-филиале ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, Ростовская область, Азовский район в 2011-2017 гг. По климатическим условиям район характеризуется недостаточным и неустойчивым увлажнением в течение года. Среднегодовое количество осадков составляет 430-460 мм, в период вегетации горчицы сарептской (апрель-июль) – 192 мм. Почва экспериментального поля – предкавказский карбонатный чернозем. В слое 0-40 см содержание гумуса составляет 3,8 %. В пахотном слое подвижных форм фосфора 1,25-1,40 мг, азота 10-12 мг, калия 26,5-28,0 мг на 100 г почвы.

Погодные условия периода исследований отличались сильным варьированием, что позволи-

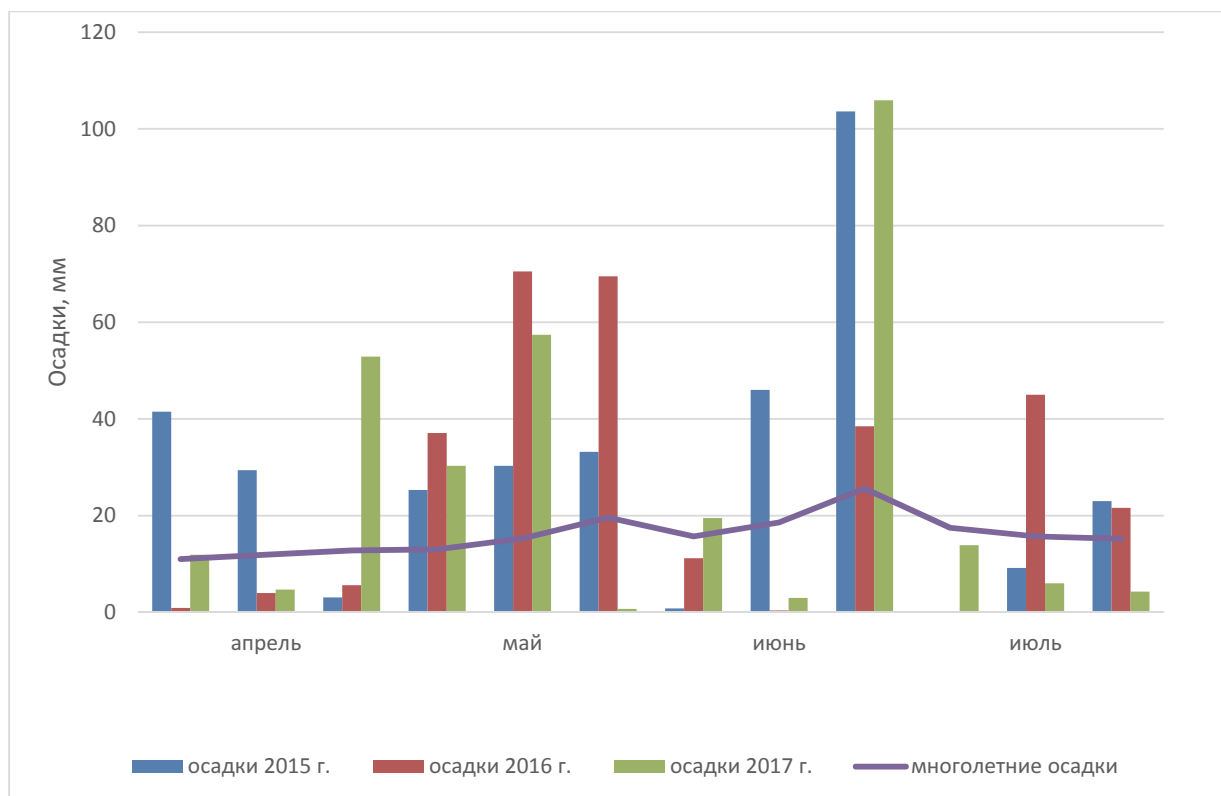


Рис. 1. Характеристика распределения осадков за вегетационный период горчицы во влагообеспеченные годы (2015, 2016, 2017 гг.)

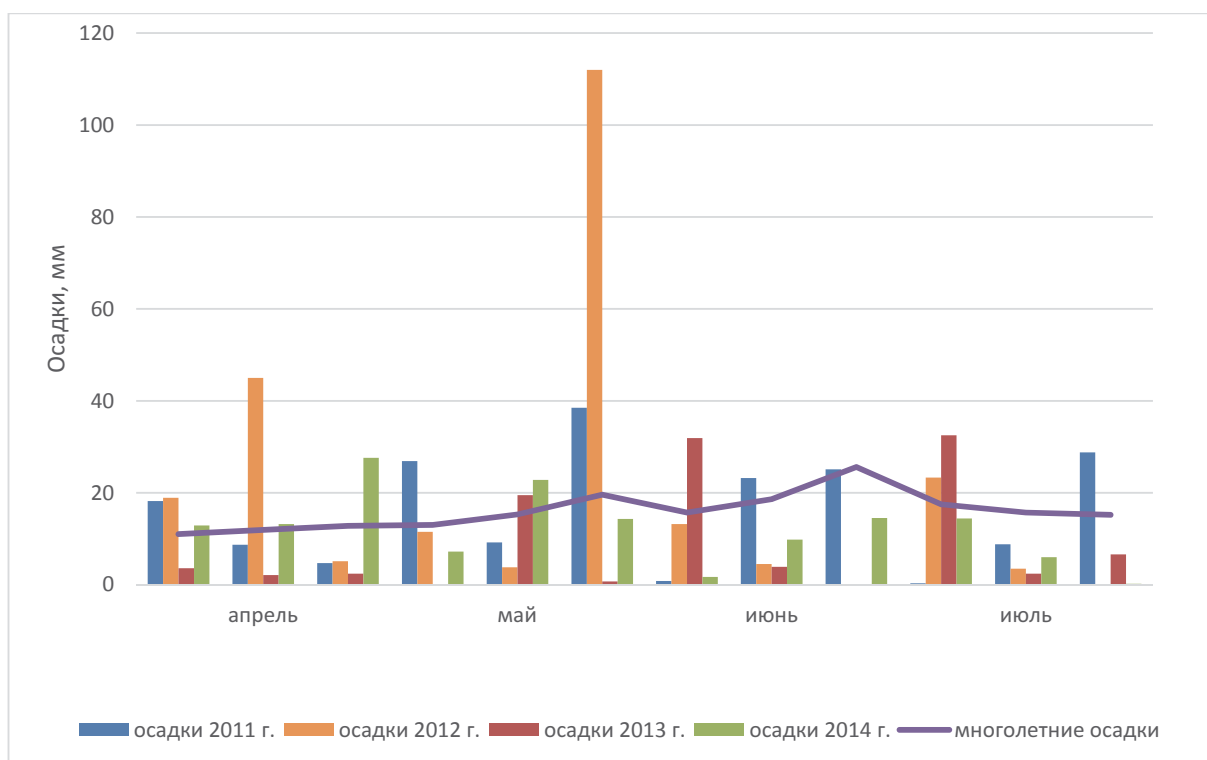


Рис. 2. Характеристика распределения осадков за вегетационный период горчицы в засушливые годы (2011, 2012, 2013, 2014 гг.)

ло оценить потенциал и реакцию генотипов на различные условия. Влагодобеспеченность контрастировала по годам. На графиках представлено распределение осадков за вегетационный период горчицы сарептской в благоприятные по влагодобеспеченности годы (рис. 1) и экстремальные условия (рис. 2) в сравнении со средними многолетними данными за последние 50 лет.

Отмечены 2015, 2016, 2017 гг. с высоким гидротермическим коэффициентом (ГТК = 1,30-1,53), определенным за период вегетации горчицы. Несмотря на то, что наибольший показатель ГТК (1,53) определен в 2015 г., осадки в основном носили ливневый характер, а растения горчицы испытывали недостаток влаги во время цветения и налива семян, что сказалось неблагоприятно на маслообразовательном процессе.

Засушливые годы (2011, 2013, 2014 гг.) характеризовались низкими показателями ГТК 0,49-0,74. Умеренно благоприятный 2012 г. по оценке ГТК 1,04 отмечен неравномерным распределением осадков. Большое их количество в конце мая носили ливневый характер, а весь период вегетации отмечен скудными осадками, ниже уровня средних многолетних данных.

Опыты закладывали в 3-кратной повторности на делянках с учетной площадью 3,5 м². Норма высева семян – 600-800 тыс. шт./га. При закладке линий использованы изоляторы из нетканого материала спанбонда плотностью 42 г/м² размером 25 x 40 см.

Исходным материалом для работы служили коллекционные образцы, сорта отечественной селекции, а также гибридные популяции, полученные методом внутривидовой гибридизации лучших селекционных образцов горчицы сарептской.

В работе применена Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами [8]. Определение масличности и влажности семян проводилось на ЯМР-анализаторе АМВ-1006 М, жирнокислотного состава – на хроматографе «Хром-5» методом газожидкостной хроматографии. Статистическую обработку полученных данных проводили по Б.А. Доспехову [9] в Excel и по программе Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение обширного коллекционного материала культуры, собранного в ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (более 1000 образцов) выявило полиморфизм вида *Brassica juncea* Czern. [10]. Вместе с тем, существующий селекционный материал, сформировавшийся в процессе создания современных желтосемянных сортов горчицы, характеризуется ограниченным генетическим разнообразием [11]. Горчица сарептская является факультативным самоопылителем с варьиру-

юшим процентом перекрестного опыления от 1,7 до 45 % в зависимости от условий произрастания [12]. Для культур со смешанным опылением используют, как методы линейной селекции, так и популяционной, а также методы для селекции гибридов и все инновационные методы исследований. Получение самоопыленных линий горчицы сизой приобретает важное значение при отборе, поскольку происходит в гетерогенных популяциях и данный вид не проявляет значительной депрессии при инцухтировании [10]. Биологические особенности опыления горчицы позволяют использовать самоопыление растений в селекционной практике в качестве способа генетической дифференциации исходных популяций и метода создания ценного по комплексу хозяйственно полезных признаков.

В наших условиях цветение горчицы началось с третьей декады мая – первой декады июня и продолжалось 3 недели. Наибольшее количество семян завязалось при изоляции растений, начиная с 3-5 дней от начала цветения в течение 10 дней. После пасынкования под изолятором остается центральная кисть, 5-6 кистей первого и столько же последующих порядков. Общее количество бутонов составило от 70 до 160 штук. Оценивали линии различного поколения инцухта.

Проявление селекционно ценных признаков признаков зависит как от генотипа, так и от условий выращивания. Изменчивость завязываемости семян в различные по погодным условиям годы представлена в таблице 1.

Отмечено высокое варьирование по этому показателю, что отражено при распределении по классам. В годы с низкой влагообеспеченностью средний вес семян с растения составил от 2,24 до 3,07 г. Более 50 % линий имели вес от 1,0 до 2,9 г в 2011, 2012, 2013 гг. с ГТК 0,49-1,04. В 2015, 2016, 2017 гг. с высоким ГТК (1,30-1,53) происходило лучшая завязываемость семян. При распределении этого показателя по классам, максимальное количество семян (89,1 %) свыше 5 г. получено в 2017 г. Несмотря на высокий показатель ГТК в 2015 г. осадки распределялись крайне неравномерно, носили ливневый харак-

тер, их недостаток в период цветения и созревания повлиял на завязываемость семян, которая оказалась наименьшей в сравнении с другими благоприятными годами. Получение большого количества семян под изолятором при самоопылении позволяет определить масличность и другие биохимические параметры линий. Данный признак учитывался в ограниченном количестве образцов, т.к. необходимая проба семян не менее 5 г для определения содержания масла на ЯМР-анализаторе получена у менее 40 % линий с 2011 по 2016 гг.

Варьирование масличности семян в различные по погодным условиям годы в среднем составило 30,6-41,1 %. Содержание масла в семенах распределено по 4 классам (табл. 2).

Минимальный показатель (24,8 %) отмечен в 2013 г. году с ГТК 0,49. Максимальный (49,2 %) – в 2017 г. с ГТК 1,38. Проявление максимальной масличности наблюдалось при наибольшей влагообеспеченности во время налива семян в третьей декаде июня (рис. 1).

Получение достаточного количества семян под изоляторами дает возможность провести отбор генотипов по масличности в ранних поколениях инцухта. Проанализировать содержание масла у большинства линий удалось в 2-х из 7 лет. Гарантированное получение наибольшего количества семян для анализа достигнуто за счет увеличения площади питания каждого растения. Участки, на которых закладывались линии горчицы, высевали с междурядьями 35 см, растения в ряду размещали на расстоянии не менее 10 см.

Начиная с 4 поколения инцухта, отмечена стабилизация признака масличности, а также содержания основных жирных кислот в масле. В результате отборов выделены линии горчицы, оцениваемые в селекционных питомниках по типу конкурсного сортоиспытания.

В таблице 3 представлена характеристика лучших линий по результатам их оценки за 3 года. По урожайности семян стандарт Люкс превысили 9 линий, из них выделились 4222 и 4689, отобранные из сорта Люкс. Наибольшую маслич-

Таблица 1. Изменчивость количества семян горчицы сарептской при самоопылении

Год	Количество растений, шт.	ГТК апрель - июль	Масса семян с 1 растения, г		Распределение по классам, %			
			\bar{x}	min – max	<0,9 г	1,0-2,9	3,0-4,9	>5,0 г
2011	504	0,74	2,91	0,3 – 9,4	6,3	55,1	27,0	11,6
2012	358	1,04	2,24	0,3 – 6,0	14,5	59,5	23,5	2,5
2013	278	0,49	2,25	0,5 – 5,4	8,7	56,6	32,8	1,9
2014	302	0,58	3,07	0,4 – 9,2	13,7	38,3	44,3	3,7
2015	273	1,53	4,03	0,3 – 10,5	8,9	29,7	34,2	27,2
2016	446	1,30	4,44	0,8 – 20,2	0,7	29,0	31,3	39,0
2017	377	1,38	8,63	1,5 – 21,0	0	1,1	9,8	89,1

Таблица 2. Показатели изменчивости масличности семян горчицы при самоопылении

Год	Количество растений, шт.	Масличность семян, %			ГТК апрел ь-июль	Распределение по классам, %			
		\bar{x}	min	max		<33,9	34,0-39,5	39,6-44,9	>45,0
2011	61	33,6	26,2	41,2	0,74	56,3	40,8	2,8	0
2012	39	37,4	31,4	42,8	1,04	12,9	64,5	22,6	0
2013	40	30,6	24,8	37,3	0,49	87,5	12,5	0	0
2014	41	36,9	27,9	41,9	0,58	29,3	34,1	36,6	0
2015	30	39,6	33,7	43,8	1,53	15,0	55,0	30,0	0
2016	171	39,1	33,0	45,1	1,30	5,6	47,3	44,9	2,2
2017	335	41,1	32,7	49,2	1,38	2,4	32,7	47,3	17,6

Таблица 3. Характеристика перспективных линий горчицы, 2015-2017 гг.

Линия	Урожайность		V %	Масличность		V %	Содержание основных жирных кислот, %		
	т/га	\pm к st		%	\pm к st		олеиновая	линолевая	эруковая
4222	1,32	+ 0,21	10,2	46,2	+0,9	5,4	47,10	39,60	0,00
4689	1,31	+ 0,20	12,6	45,8	+0,5	3,9	44,37	35,84	0,02
4407	1,23	+ 0,12	21,2	47,0	+1,7	8,2	44,09	34,83	0,04
4067	1,23	+ 0,12	24,6	46,9	+ 1,6	3,9	47,40	36,90	0,04
5242	1,22	+ 0,11	13,3	45,7	+ 0,4	3,0	47,33	36,52	0,01
5667	1,21	+ 0,10	19,2	46,5	+ 1,2	1,7	44,20	35,00	0,01
5560	1,20	+ 0,09	23,9	47,8	+ 2,5	5,7	44,60	37,70	0,02
4434	1,20	+ 0,09	12,6	47,4	+ 2,1	3,3	44,75	34,97	0,02
4466	1,20	+ 0,09	20,9	46,7	+1,4	3,0	45,47	33,79	0,04
Люкс, st	1,11	–	10,0	45,3	–	2,0	41,55	34,14	0,03
НСР ₀₅	0,08	–	–	1,78	–	–	–	–	–

ность семян (выше 47 %) проявили линии 5560, 4434, имеющие гибридное происхождение. Коэффициент вариации, учитывающий степень приспособленности генотипа к различным условиям, имел невысокие показатели. Наибольшее варьирование урожайности семян (20,9-24,6) отмечено у линий 4067, 5560, 4407, 4466. Коэффициент вариации по признаку масличности составил 1,7-8,2 и имел наибольшее значение у линии 4407, отобранной из гибридного материала. Вместе с тем, оценка линий в благоприятных условиях влагообеспеченности не позволила в полной мере оценить их пластичность.

Выделены линии 4222, 4067, 5242 с высоким (более 47 %) содержанием олеиновой кислоты в масле, а также линия 4222, сочетающая высокое содержание олеиновой и линолевой жирных кислот с урожайностью семян. Все отобранные линии характеризуются отсутствием эруковой жирной кислоты в масле семян горчицы. Следует отметить, что, при анализе жирнокислотного состава масла, полученного в годы с низкой влагообеспеченностью, сохраняются показатели эруковой кислоты при ее отсутствии.

ВЫВОДЫ

Выделен и оценен перспективный для селекции линейный материал горчицы сарептской по основным хозяйственным признакам, а также их сочетанию. По урожайности семян выявлено 9 линий, достоверно превысившие стандарт на 0,09-0,21 т/га; масличности семян – на 0,4-2,5 %; по содержанию олеиновой кислоты – на 2,5-5,9 %. Отмечены линии 4222, 4067, сочетающие высокую урожайность семян с содержанием олеиновой кислоты в масле.

Максимальное количество семян под изолятором получено при самоопылении горчицы сарептской в первые 2 недели цветения в условиях достаточного влагообеспечения растений при разреженном посеве.

Стабилизация основных хозяйственно ценных признаков линейного материала наступает после четвертого поколения инцухтирования.

Линейный материал горчицы сарептской приобретает важное значение, а инбридинг служит методом получения исходного материала и сортов в селекции по основным хозяйственно ценным признакам в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукомец В.М., Горлов С.Л. Перспективная ресурсосберегающая технология производства горчицы. – М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2010. 54 с.
2. Шурупов В.Г., Картамьшева Е.В. Горчица сатрапская. – Ростов-на-Дону. 1997. 56 с.
3. Wu Y., Hui D., Eskin N.A., Cui S.W. Water-soluble yellow mustard mucilage: A novel ingredient with potent antioxidant properties // International Journal of Biological Macromolecules 2016. V. 91. P. 710-715.
4. Буянкин В.И., Андриевская Л.П., Молдабеков К.Б., Лиманская В.Б., Булеков Т.А. Повышение долготлетия и продуктивности совмещенных посевов многолетних трав с горчицей на каштановых солонцеватых почвах северного Прикаспия / Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: сб. ст. по материалам Междунар. науч. экологической конференции 27-29 марта, 2018 / сост. Л.С. Новопольцева; под ред. И.С. Белюченко – Краснодар: КубГАУ. 2018. С. 400-406.
5. Буянкин В.И., Гурова О.Н. Потенциал смешанных посевов полевых культур в междуречье Волги и Урала / Совмещенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта: сб. ст. по материалам Междунар. науч. экологической конференции 29-30 марта 2016 / под ред. И.С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ. 2016. С. 201-204.
6. Картамьшева Е.В., Лучкина Т.Н., Луцки З.А., Краснов В.П. Потенциал сортов горчицы сарептской донской селекции / Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях: Международная научно-практическая конференция: материалы конф. (Краснодар, 9 сентября 2016 г.) / ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса»; сост. Доминова И.Г. – Казань: ИП Синяев Д.Н. 2016. С. 97-101.
7. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (Официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. С. 77.
8. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общ. ред. В. М. Лукомца: 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар, 2010. С. 238-245.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б.А. Доспехов. – 6-е издание, стереотип. – М.: Альянс, 2011. 352 с.
10. Картамьшева Е.В. Генетические ресурсы ВИР в селекции Brassicajuncea. / Тезисы докладов. VI съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС) и ассоциированные генетические симпозиумы. Ростов-на-Дону, 15-20 июня. – Новосибирск: изд. СО РАН. 2014. С. 161.
11. Горлов С.Л., Трубина В.С. Эффективность самоопыления в селекции озимой горчицы сарептской (BrassicajunceaL.) // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2009. Вып. 1 (140). С. 124-127.
12. Картамьшева Е.В. Значение перекрестного опыления в селекции горчицы сарептской / Генетика и селекция растений на Дону. – Ростов-на-Дону: изд. РГУ. 1995. Вып. 2. С. 141-144.

BREEDING VALUE LINES OF MUSTARD SAREPTANA

© 2018 E. V. Kartamysheva¹, T. N. Luchkina¹, L. A. Gorlova², I. A. Labunskaya¹

¹ Don Experimental Station-Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center “All-Russian Research Institute of Oil Crops named after V.S. Pustovoit”, Rostov Region

² Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center “All-Russian Research Institute of Oil Crops named after V.S. Pustovoit”, Krasnodar

Plant breeding is always associated with selection and depends on both the genotype and the phenotype reaction. Studies were conducted in conditions of insufficient and unstable moisture, the object was yellow mustard. This species is an optional self-pollinator with a xenogamy percentage of 1.7 to 45 % depending on the genotype and growing conditions. The production of self-pollinated lines of mustard yellow becomes important in the selection, because it occurs in heterogeneous populations. Evaluation of the lines can be carried out in the early stages of inoculation, as this type does not show significant depression. Studies are aimed at the selection of lines that exceed the source material in productivity and other economic characteristics. The article analyzes the variability of the number of seeds under insulators depending on the weather conditions of mustard cultivation. The maximum number of seeds under the insulator was obtained by self-pollination in the first 2 weeks of flowering with sparse sowing. The variability of oil content of seeds (from 24.8 to 49.2%) obtained by self-pollination under contrasting conditions is shown. Selected and evaluated promising for breeding of linear material mustard sareptana on major economic traits, as well as their combination. There were 9 lines that significantly exceed the standard for yield, oil content of seeds and oleic acid in the oil, as well as lines that combine a set of features. The selected linear material of mustard sareptana is important and serves as the basis for obtaining the source material and varieties in the selection of the main economically valuable features. *Keywords:* mustard sareptana, selection, self-pollination, selection, lines, yield, oil content, fatty acid composition of the oil.

Elena Kartamysheva, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Small Seed Oilseeds Breeding. E-mail: secretdos@ya.ru

Tatyana Luchkina, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher. E-mail: luchkina.tanya@yandex.ru

Ljudmila Gorlova, Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Rapeseed and Mustard Selection. E-mail: lagorlova26@yandex.ru

Irina Lobunskaya, Analyst of the Laboratory of Selection of Small Seed Oilseeds. E-mail: lobunskaya95@mail.ru