

Научная статья

УДК 631.52:633.853.492

DOI: 10.25230/2412-608X-2023-3-195-88-97

История селекции рапса ярового во ВНИИМК (обзор)

Эмма Борисовна Бочкарева
Людмила Анатольевна Горлова
Вадим Владимирович Сердюк
Евгений Александрович Стрельников

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
raps@vniimk.ru

Аннотация. В СССР интерес к производству рапса появился только в конце 70-х годов прошлого века. Во ВНИИМК полномасштабная селекция рапса ярового начата в 1983 г. с организации лаборатории селекции рапса. На первом этапе селекции ставилась задача выведения безэруковых сортов. Сорт Кубанский стал первым безэруковым (тип «0») сортом рапса, который отличался от зарубежных пониженным содержанием линоленовой кислоты в масле – 3,9 %. Созданные в период с 1982 по 1984 гг. сорта стабильно держали уровень эруковой кислоты от 0,2 до 0,8 %. Второй этап в селекции рапса ярового приходится на период 1989–1993 гг., он был направлен не только на повышение качества масла, но и качества шрота, а именно снижение глюкозинолатов в семенах до 15–16 мкмоль/г (тип «00»). Параллельно велась селекция на повышение масличности семян, в результате которой удалось изменить этот показатель с 42,4 до 47,6 %. Следующий этап селекции рапса ярового был направлен на снижение содержания линоленовой и повышение олеиновой кислот в масле с использованием внутривидовой гибридизации, химического мутагенеза и самоопыления. Сорт Викинг-ВНИИМК содержит 4 % линоленовой кислоты в масле, а сорт Амулет – 77,5 % олеиновой. Новым этапом в селекции рапса ярового стало выведение желтосемянных сортов (тип «000»). В 2023 г. сорт Кенар внесён в Государственный реестр селекционных достижений. К 2023 г. в институте создана линейка сортов рапса ярового для различных направлений использования в пищевых и других видах промышленности. В последние годы начался новый этап селекции рапса ярового, направленный на создание межлинейных гибридов на основе ЦМС, что

позволит поднять урожайность семян этой культуры на новый уровень.

Ключевые слова: рапс яровой, этапы селекции во ВНИИМК, качество масла и шрота, методы создания исходного материала

Для цитирования: Бочкарева Э.Б., Горлова Л.А., Сердюк В.В., Стрельников Е.А. История селекции рапса ярового во ВНИИМК (обзор) // Масличные культуры. 2023. Вып. 3 (195). С. 88–97.

UDC 631.52:633.853.492

The history of spring rapeseed breeding at V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops (review)

Bochkaryova E.B., chief researcher, doctor of agriculture
Gorlova L.A., head of the department, leading researcher, PhD in biology

Serdyuk V.V., senior researcher

Strelnikov E.A., head of the lab., PhD in biology

V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 255-59-33

raps@vniimk.ru

Abstract. In USSR, the rapeseed production drawn attention only in 70-ties of the last century. In VNIIMK, the full-scale breeding of spring rapeseed had been started by the organization of the laboratory of rapeseed breeding in 1983. The main task at the first stage was development of erucic acid free cultivars. The cultivar Kubansky (type “0”) became the first erucic acid free cultivar of rapeseed, which was differed from the foreign cultivars by the lowered content of linolenic acid in oil – 3.9%. Cultivars developed in 1982–1984 had stable level of erucic acid from 0.2 to 0.8%. The second stage of spring rapeseed breeding covers 1989–1993. It was aimed not only on increasing of oil quality but the cake quality too, namely decreasing of glucosinolate content in seeds to 15–16 $\mu\text{mol/g}$ (type “00”). And in parallel, breeding works on increasing of oil content in seeds were conducted, as a result this trait meaning was changed from 42.4 to 47.6%. At the next stage in spring rapeseed breeding the main task was to decrease linolenic acid content and increase oleic acid content in oil using intraspecific hybridization, chemical mutagenesis, and self-pollination. The cultivar Viking-VNIIMK had linolenic acid content of 4%, and the cultivar Amulet – 77.5% of oleic acid in oil. The new stage in the spring rapeseed breeding is connected with development of yellow-seeded cultivars (type “000”). In 2023, the cultivar Kenar was included into the State register of the breeding achievements. To 2023, a scale of spring rapeseed cultivars of the different usage directions for food and other industries was developed in the institute. The last

years, a new stage in spring rapeseed breeding has started, it is aimed on development of interlinear hybrids on CMS base, that do it possible to raise seed yield of this crop on the new level.

Key words: spring rapeseed, stages of the breeding in VNIIMK, quality of oil and cake, methods of development of germplasm

В международной статистике под общим названием «рапс» учитывается производство всех основных масличных культур рода *Brassica* (рапс, сурепица, горчица). В начале 60-х годов масличные *Brassica* составляли в мировом производстве лишь 4,3 % валового сбора масличного сырья, занимая пятое место после сои, хлопчатника, подсолнечника, арахиса. Основными производителями этих культур были Индия, Китай, Канада.

К концу 80-х годов XX в. мировое производство масличных *Brassica* увеличилось более чем в 5 раз, а их доля выросла до 10,8 %, оставив позади подсолнечник и арахис. Масличные капустные переместились на второе место после сои в мировом производстве растительного масла (15 %) и кормового белка (11,6 %).

Масличные рода *Brassica* в настоящее время возделываются более чем в 30 странах мира. Однако основное производство сконцентрировано в Китае, Канаде, Индии, странах ЕЭС и Австралии. С 1976–1980 гг. валовой сбор семян в этих странах увеличился к 1988 г. в 2–5 раз. Особенно этот рост был замечен в странах ЕЭС. Для удовлетворения потребностей в пищевом масле и кормовом белке они пошли по пути резкого увеличения производства рапса. За последние годы (с 1990–2017) посевные площади под озимым рапсом в мире увеличились в четыре раза, под яровым – в пять раз [2].

В СССР в конце 70-х годов также пришли к убеждению, что рапс является наиболее реальной культурой для решения проблем дефицита пищевого масла и кормового белка. Началось бурное расширение производства рапса и сурепицы практически во всех земледельческих регионах страны. По данным ЦСУ СССР

площадь возделывания этих культур на семена выросла с 10,7 тыс. га в начале 70-х до 513,4–603,3 тыс. га в конце 80-х годов. Такому быстрому увеличению значимости рапсового масла в питании человека способствовали достижения селекционной науки, создавшей принципиально новые безэруковые сорта. Получаемое из них масло близко по своему жирно-кислотному составу к лучшим пищевым растительным маслам: оливковому и маслу высокоолеиновых сортов подсолнечника, впервые созданных советскими учеными. В настоящее время (2022 г.) в РФ посевные площади под рапсом составляют 2339 тыс. га, из них почти 1771 тыс. га занимает рапс яровой [3]. Столь значительная площадь под этой культурой требует большого сортимента сортов для различных отраслей промышленности.

Во ВНИИМК изучение рапса ярового как донора низкого содержания эруковой кислоты началось ещё в 1972 г. с целью создания нового исходного материала для селекции горчицы сарептской с улучшенным качеством масла [4; 5]. Были выполнены скрещивания между горчицей сарептской (*Brassica juncea* Czern.) и рапсом яровым (*Brassica napus oleifera annua* Metzg). Из гибридной комбинации «горчица сорт Юбилейная × рапс сорт Оро» удалось выделить безэруковые формы рапсового типа с низким (< 5 %) уровнем линоленовой кислоты. На основе полученного исходного материала был создан первый отечественный сорт безэрукового рапса ярового (тип «0») Кубанский [6]. Этот сорт отличался высоким качеством масла за счет низкого содержания линоленовой кислоты (3,9 % против 8–13 % у зарубежных сортов), что существенно повышало стойкость масла к окислению. Сорт Кубанский был районирован с 1983 г. по 32 областям страны.

В связи с тем, что рапс представляет интерес не только как источник пищевого масла, но и кормового белка, дальнейшие усилия были направлены на создание

сортов двойного качества (тип «00»), не только безэруковых, но и низкоглюкозинолатных.

С 1983 г. во ВНИИМК была начата полномасштабная селекционная работа с озимыми и яровыми формами рапса и сурепицы, направленная на создание безэруковых и низкоглюкозинолатных сортов («тип 00»). До этого времени в нашей стране в масле всех районированных и возделываемых сортов этих культур содержалось свыше 43 % эруковой, 7–11 эйкозеновой, 7–10 линоленовой, 12–19 линолевой и 12–20 % олеиновой кислот, а в обезжиренных семенах от 90 до 140 мкмоль/г глюкозинолатов. Масло, получаемое из семян таких сортов, использовалось на технические цели, а шрот в ограниченном количестве на корм скоту. За рубежом к этому времени было выведено уже около 30 безэруковых и низкоглюкозинолатных сортов ярового рапса и более 40 озимого. Сортами такого типа были заняты почти все площади посева этих культур в Канаде, Швеции, Франции, Германии, Дании.

В работе по созданию сортов типа «00» были использованы методы многократного индивидуального отбора из коллекционных образцов ВИР, образцов собственной селекции, а также из новых популяций внутривидовых гибридов.

Изучение изменчивости признаков в исходном материале у рапса показало значительную дифференциацию генотипов по содержанию эруковой кислоты в масле и глюкозинолатов в семенах. В среднем за годы испытаний (1980–1998 гг.) коэффициент вариации по содержанию глюкозинолатов у сортов рапса составлял 18,86 %, у гибридных популяций – 45,61 %. Значительное варьирование эруковой кислоты в масле в исходном материале ($CV = 89,5\%$) наблюдалось в первые годы работы (1982–1984 гг.), когда абсолютные значения этого признака колебались от 0,1 до 20 %. Целенаправленный отбор безэруковых биотипов и использование во внутривидовых скрещиваниях низкоэруковых

и безэруковых компонентов привели к тому, что уже в 1985–1988 гг. вариабельность содержания эруковой кислоты в исходном материале была незначительной ($CV = 10\%$) при абсолютных значениях этого признака от 0,2 до 0,8 %.

Анализ средних данных конкурсного сортоиспытания продемонстрировал два этапа заметного улучшения значений этих признаков. Снижение содержания глюкозинолатов в семенах рапса почти в 2 раза (с 45 до 22–26 мкмоль/г) и уменьшение эруковой кислоты в масле в 3,3 раза было достигнуто селекционным путем в период с 1984 по 1988 гг. В эти годы были созданы первые отечественные сорта рапса ярового типа «00» Эввин, Шпат и Ярвэллон [7]. Перечисленные сорта созданы методом многократного индивидуального отбора с оценкой по потомству и обязательным контролем качества масла и общего содержания глюкозинолатов в семенах.

Второй этап значительного улучшения качества масла и шрота рапса ярового приходится на период 1989–1993 гг. В среднем за эти годы у сортов рапса в конкурсном испытании содержание глюкозинолатов было снижено по сравнению с предыдущим периодом в 1,8–2 раза – до 15–16 мкмоль/г. Содержание эруковой кислоты в масле в абсолютных значениях стало составлять 0,2–0,5 %. Масличность семян у рапса, хотя и является слабоизменчивым признаком, но как показали наши исследования, обладает достаточно хорошей наследуемостью. В результате жесткой браковки низкомасличного селекционного материала удалось повысить содержание масла в семенах рапса ярового с 42,4 % в среднем за 1980–1983 гг. до 47,6 % в среднем за 1994–1999 гг. [8].

Дальнейшее улучшение качества масла и шрота у рапса ярового было достигнуто целенаправленной селекционной работой с использованием метода внутривидовой гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридных популяций. На основе внутривидовых гибридов

был создан ряд высокопродуктивных сортов типа «00». Сорт Галант выведен из гибридной комбинации «сорт Эввин × сорт Наппа», максимальная урожайность его составляла 3,6 т/га. Сорт ВНИИМК 214, полученный на основе внутривидового гибрида от скрещивания сорта Эввин с сортом Mary (Дания), характеризовался устойчивостью к полеганию, низкорослостью, отличался хорошей урожайностью в засушливые годы. Высокоурожайный, высокомасличный сорт Крис выведен от скрещивания селекционной линии ВНИИМК № 1260 и шведского сорта Aktiv. Более 15 лет в сельскохозяйственном производстве используется сорт Таврион, созданный методом индивидуального отбора из гибридной популяции по комбинации «сорт Global (Швеция) × линия № 7814». Сорт раннеспелый высокопродуктивный, максимальная урожайность в условиях Сибири (Омская область) – 3,3 т/га. Сорт хорошо адаптирован к различным почвенно-климатическим условиям [9].

Следующим этапом в селекции рапса на улучшение жирно-кислотного состава масла являлось создание сортов типа «00» с низким содержанием линоленовой и высоким содержанием олеиновой кислот. Известно, что пищевые масла могут использоваться как кулинарные, столовые, консервные, и задачи селекции на качество масла связаны с разными направлениями его использования, требующими разного соотношения жирных кислот. Для рапсового масла, используемого для производства маргарина, оптимальным считается равное соотношение олеиновой и линолевой кислот, повышенное содержание пальмитиновой, определяющей консистенцию жира и, сниженное содержание линоленовой кислоты. Высокое содержание линолевой кислоты желательно также и для салатного масла. При использовании рапсового масла в качестве фритюрного жира и для консервирования желательно иметь в нем высокое

содержание олеиновой кислоты при низком уровне линолевой и линоленовой.

Преимущество низколиноленового масла (3–4 %) – его большая стойкость к окислению в сравнении с традиционным (7–13 %), так как нарастание кислотного и перекисного чисел в процессе хранения происходит в меньшей степени. Исследования, проведенные в Канаде, США, Германии, Швеции, Австралии, Чехии показали ограниченность генетической изменчивости по содержанию олеиновой, линолевой и линоленовой кислот и наличию биосинтеза, который осуществляет в направлении: олеиновая – линолевая – линоленовая кислота. Разорвать связь между содержанием линолевой и линоленовой кислотами удалось с помощью экспериментального мутагенеза [10; 11].

Среди мутантов канадского сорта Ого были отобраны линии с содержанием линоленовой кислоты 3–4 %, то есть в два раза меньшим, чем у исходного сорта. Мутанты стабильно сохраняли эти признаки до 6-го поколения. Röbbelen and Nitsch [12] выделили три мутанта с соотношением содержания линолевой и линоленовой кислот: 32,7 : 3,2; 30,6 : 4,0; 26,7 : 4,1. Аналогичный материал был получен в Австралии среди образцов, отобранных из межвидовых гибридов от скрещивания канадского сорта Tower с высокоэруковой горчицей *Brassica juncea* [13]. При скрещивании этого материала с мутантами из сорта Ого были выделены линии с содержанием линолевой кислоты 40–43 %, линоленовой – 2,3–2,6 % [14]. На основе низколиноленового мутанта из сорта Tower были получены сорта Stellar, а затем Apollo (Канада) с содержанием линоленовой кислоты 4,7 и 3,0 % [15; 16].

Во ВНИИМК донорами низкого содержания линоленовой кислоты послужили: сорт собственной селекции Кубанский, а также сорта канадской селекции Stellar и Apollo. Канадские сорта в условиях Краснодарского края уступали по продуктивности сортам отечественной селекции. Недостатком низколиноленово-

го сорта Кубанский являлось высокое содержание глюкозинолатов в семенах. Низколиноленовые сорта были вовлечены во внутривидовые скрещивания с лучшими по основным хозяйственным признакам селекционными образцами.

В результате многолетней работы методом ступенчатого внутривидового скрещивания по комбинации «сорт Арролю (Канада) × линия 23116 (сорт Кубанский × сорт Bronovsky)» выведен сорт Викинг-ВНИИМК, отличительной особенностью которого является низкое содержание линоленовой кислоты (4 %). По другим хозяйственно полезным признакам (урожайность, масличность, масса 1000 семян, вегетационный период) этот сорт близок к стандартному сорту Таврион.

Исследования по поведению масел с различным содержанием линоленовой кислоты показали, что накопление перекисных, гидроперекисных, а также вторичных продуктов окисления в низколиноленовом масле идет с заметно меньшей интенсивностью. Так, на стадиях щелочной и сорбционной очистки масел интенсивность накопления продуктов окисления в низколиноленовом масле в 2 раза ниже, чем у рапсового масла с обычным жирно-кислотным составом, то же относится и к накоплению свободных жирных кислот [17].

С начала 90-х годов прошлого века усилия селекционеров направлены на увеличение доли олеиновой кислоты в рапсовом масле (не менее 75 %). Оксистабильность высокоолеинового масла в 3 раза выше, чем у масла с традиционным жирно-кислотным составом [18; 19]. Во ВНИИМК работа по созданию высокоолеинового селекционного материала рапса ярового начата в 2006 г. Исходным материалом послужил низколиноленовый сорт рапса ярового Викинг-ВНИИМК. В качестве метода создания исходного материала для селекции был применен индуцированный мутагенез с использованием нитрозозтилмочевины (НЭМ) в

концентрации 0,25 %. Обработку семян рапса мутагенами проводили по методикам, рекомендованным Центром по химическому мутагенезу [20; 21]. Самоопыление растений осуществляли в каждом поколении, начиная с M₁. В M₂ были выделены растения без видимых морфологических изменений, в масле которых олеиновой кислоты содержалось от 72 до 78 %. В результате отбора в последующих поколениях были выделены константные по содержанию олеиновой кислоты в масле линии, одна из которых (№ 2254) в конкурсном испытании продемонстрировала хорошие результаты и по основным хозяйственным признакам. Линия 2254 под названием Амулет была передана на Государственное испытание в 2013 г. (табл. 1). Содержание олеиновой кислоты в масле этого сорта составляет 77,5 %, у сорта-стандарта Таврион – 67,3 % [22]. Масло, получаемое из семян сорта Амулет, является высокоолеиновым в соответствии с международной классификацией (выше 75 %). С 2015 г. сорт Амулет допущен к использованию в производстве по пяти регионам РФ [20].

Таблица 1

Хозяйственная характеристика сорта рапса ярового Амулет

ВНИИМК, 2011–2013 гг.

Сорт	Урожайность семян, т/га	Масличность семян, %	Сбор масла, т/га	Содержание	
				олеиновой кислоты в масле, %	глюкозинолатов в семенах, мкмоль/г
Амулет	2,33	45,4	0,91	77,5	14,6
Викинг-ВНИИМК	2,10	46,5	0,88	68,5	15,4
Таврион (стандарт)	1,97	47,0	0,83	67,3	15,0

Наряду с использованием в настоящее время современных биотехнологических достижений, доминирующим методом создания исходного материала, по-прежнему, остается внутривидовая и межвидовая гибридизация с последующим отбором и самоопылением растений из

гибридных популяций. Применение самоопыления растений позволяет выявить значительную дифференциацию линий по ряду хозяйственных признаков, в том числе и по урожайности семян [23]. Методом многократного индивидуального отбора и самоопыления растений из внутривидового гибрида, полученного в результате ступенчатого скрещивания по комбинации [(сорт Крис × № 32) × сорт ВНИИМК 214] выведен сорт Руян (2004–2015 гг.). Сорт Руян относится к категории линейных сортов, отличается выравниваемостью растений, дружностью цветения, высокой продуктивностью, превысил по урожайности семян сорт-стандарт Таврион в конкурсном испытании на 0,42 т/га [24]. В экологическом испытании (2016–2017 гг.) в четырех различных точках (Краснодарский край, Липецкая и Омская области) урожайность семян сорта Руян была выше других сортов на 0,03–0,15 т/га [25]. В 2018 г. сорт Руян по результатам Государственного сортоиспытания допущен к использованию в производстве по семи регионам РФ. С применением метода индивидуального отбора и самоопыления растений выведен новый высокопродуктивный сорт рапса ярового Баланс. Он создан на основе внутривидового гибрида от скрещивания сорта Викинг-ВНИИМК и линии 4801. Сорт Баланс в течение пяти лет стабильно превышал по урожайности семян стандартный сорт Таврион (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность семян сорта рапса ярового Баланс в конкурсном испытании ВНИИМК

Сорт	Урожайность семян, т/га					среднее
	по годам					
	2017	2019	2020	2021	2022	
Баланс	3,24	1,49	1,84	2,24	1,80	2,12
Таврион (стандарт)	2,80	1,37	1,73	2,01	1,68	1,92
Отклонение от стандарта	+ 0,44	+ 0,12	+ 0,11	+ 0,23	+ 0,12	+ 0,20
НСР ₀₅	0,10	0,09	0,09	0,11	0,10	-

За два года экологического испытания в Липецкой, Московской, Ленинградской областях урожайность нового сорта была

выше стандарта на 0,11, 0,22 и 0,26 т/га соответственно. Сорт Баланс имеет более крупные семена, а также более устойчив к фузариозному увяданию по сравнению со стандартом [26].

С целью совершенствования генотипа рапса во многих рапсосоющих странах ведется активная работа по созданию сортов с желтой окраской семени, называемых сортами типа «000». Установлено [27; 28], что признак желтой окраски семени у капустных культур связан с более высоким содержанием протеина и жира и более низким содержанием клетчатки, за счет чего увеличивается выход масла при переработке, содержание белка и энергетическая ценность шрота. Создание желтосемянных форм рапса – сложная задача. Liu Hou Li [29] пришел к выводу, что желтосемянность у рапса не подчиняется менделевскому типу наследования, а определяется ингибирующим действием «прыгающих» генов, от наличия или отсутствия которых подавляется или восстанавливается функция пигмент-ассимилирующих генов. Исследованиями Л.А. Халиловой (Л.А. Горловой) [30], Д.А. Потапова [31] было установлено, что окраска семенной оболочки у рапса определяется двумя или тремя парами неаллельных генов, взаимодействующих по типу двойного доминантного эпистаза, и признак желтой окраски проявляется лишь тогда, когда все гены находятся в гомозиготном рецессивном состоянии. На экспрессию признака окраски семян могут оказывать влияние гены-модификаторы.

Работа по созданию желтосемянных форм рапса ведется во многих странах. Для достижения этой цели используется межвидовая и межродовая гибридизация, применение культуры незрелых зародышей, мутагенез [32; 33; 34; 35]. Во ВНИИМК первые желтосемянные растения ярового рапса были выделены самоопылением из образца ВИР к-4984, имевшего примесь пестрых по окраске семян. Их самоопыление в течение трех поколений не дало

константных желтосемянных форм. Положительный эффект был достигнут с помощью ионизирующего излучения (γ -лучи в дозе 100 кР) и последующего самоопыления мутантных растений в течение нескольких поколений [36]. Потомства желтосемянных мутантных линий использовали в межвидовых и внутривидовых скрещиваниях.

Первый отечественный желтосемянный сорт Кенар выведен методом многократного индивидуального отбора и самоопыления из внутривидового гибрида, полученного от скрещивания линии Л 3649-100 (потомство желтосемянного растения, семена которого были обработаны γ -лучами) и сорта Ярвэлон. В конкурсном испытании новый сорт в условиях Краснодар хорошо зарекомендовал себя по урожайности семян и другим хозяйственно полезным признакам (табл. 3). Главное достоинство желтосемянного сорта Кенар заключается в том, что он является источником слабопигментированного растительного масла, так как доля желтых семян составляет более 85 %. При переработке маслосемян этого сорта снижаются затраты на очистку и осветление. Жмых (шрот) имеет более высокую кормовую ценность в сравнении с традиционным рапсовым жмыхом за счет низкого содержания в нем клетчатки (на 3,5 %) и близок по качеству к жмыху сои [37]. Сорт Кенар зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений в 2023 г. во всех регионах РФ.

Таблица 3

Характеристика желтосемянного сорта рапса ярового Кенар в конкурсном испытании ВНИИМК 2016–2017 гг.

Сорт	Урожайность семян, т/га	Масличность семян, %	Масса 1000 семян, г	Лузжистость семян, %	Содержание	
					Глюкозинолатов в семенах, мкмоль/г	клетчатки, %
Кенар	2,80	46,8	3,8	10,1	14,3	9,0
Таврион (стандарт)	2,51	46,5	3,3	15,3	13,0	12,5

Известно, что пищевая ценность масла зависит от многих факторов, среди которых важную роль, кроме его жирнокислотного состава, играет содержание биологически активных соединений токоферолов и каротиноидов, являющихся природными ингибиторами окисления. Сравнительное изучение желтосемянных и сизосемянных форм рапса по составу токоферолов в отделе биохимии ВНИИМК показало, что в токоферольном комплексе рапса преобладает γ -токоферол (от 46 до 67 %) – форма с наиболее сильным антиоксидантным действием, при этом доля γ -токоферолов в масле сизосемянных форм значительно ниже, чем у желтосемянных. Сравнительная оценка масел из желтосемянных и сизосемянных форм рапса по их стойкости к окислительной порче показала, что масло, полученное из сизоокрашенных семян, имеет индукционный период почти в два раза меньше, чем масло из желтоокрашенных семян, что свидетельствует о его большей стабильности к окислению [38; 39]. Биологическая ценность растительного масла связана с содержанием в нем жирорастворимых соединений, одними из которых являются желтоокрашенные пигменты каротиноиды, которые подразделяются на две группы – каротины (среди которых преобладает β -каротин) и ксантофилы. Анализ содержания каротиноидов в сыром прессовом масле из семян рапса показал, что уровень каротиноидов в масле из желтосемянного рапса почти в два раза выше, чем из сизосемянного [39]. Таким образом, масло из желтосемянного рапса имеет целый ряд преимуществ перед традиционным и может использоваться в различных отраслях промышленности.

В селекции рапса ярового, как и озимого, практически во всех селекционных программах в мире перешли к созданию межлинейных гибридов на основе ЦМС. Во ВНИИМК работа по созданию отечественных гибридов ярового рапса тоже ведется с использованием системы Ogura ЦМС. В качестве исходного материала

для создания линий используются лучшие сорта отечественной и зарубежной селекции, а также внутривидовые гибриды. Создаются и изучаются аналоги родительских линий и экспериментальные гибриды.

Приоритетными направлениями исследований по селекции рапса ярового на перспективу является:

- высокая продуктивность сортов и создание высокопродуктивных гибридов на основе ЦМС;
- высокая масличность семян и качество масла;
- высокое содержание белка в семенах и аминокислотный состав;
- селекция на устойчивость к основным болезням;
- селекция на устойчивость к гербицидам имидазолиноновой группы;
- технологичность.

Список литературы

1. Батурина Т.В., Линчевский И.Ю. Агропромышленная интеграция в масложировом подкомплексе зарубежных стран // Обзорная информация ВНИИТЭИ агропром. – 1989. – С. 50.
2. Гончаров С.В., Горлова Л.А. Изменение сорти-мента рапса в России в результате конкуренции на рынке семян // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 1 (173). – С. 36–41.
3. Посевная площадь по видам сельскохозяйственных культур (окончательные итоги): [Электронный ресурс] // Единая межведомственная информационно-статистическая система. Официальные статистические показатели РОССТАТ. – URL: <https://fedstat.ru/indicator/37662>. (дата обращения: 06.04.2023).
4. Шпота В.И., Подколзина В.Е. Скрещиваемость горчицы сарептской с безруковым рапсом и наследование уровня содержания эруковой кислоты у гибридов // Бюл. НТИ по масличным культурам ВНИИМК. – 1975. – Вып. 111. – С. 14–17.
5. Шпота В.И., Подколзина В.Е. Эффективность внутривидовой гибридизации горчицы при селекции на качество масла // Бюл. НТИ по масличным культурам ВНИИМК. – 1977. – Вып. 1. – С. 15–17.
6. Шпота В.И., Подколзина В.Е. Яровой рапс Кубанский // Масличные культуры. – 1982. – № 6. – С. 36.
7. Бочкарева Э.Б. Первые отечественные сорта безрукового ярового рапса // Бюл. НТИ по масличным культурам. – 1983. – Вып. 83. – С. 18–21.
8. Бочкарева Э.Б. Итоги работы по селекции и семеноводству рапса и сурепицы во ВНИИМК // «Научное обеспечение отрасли рапсосодействия и пути реализации биологического потенциала рапса» (Научные доклады на международном координационном совещании по рапсу). – Липецк, 2000. – С. 68–70.
9. Бочкарева Э.Б. Селекция масличных капустных на комплекс признаков: дис. в виде науч. докл. ... д-ра с.-х. наук / Эмма Борисовна Бочкарева. – Краснодар, 2002. – 50 с.
10. Rakow G. Selection auf linol- and linolensaeuregehalt in rapssamen nach mutagener behandlung // Z. Pflanzenzücht. – 1973. – Bd. 69. – S. 62–68.
11. Bechyně M., Uhlik I. Inducei nizkolinolenovych mutant tepelnymi neutroya N-nitriř-N-nitrosomocovinou u repky jarni // Genetica a slechteni. – 1984. – Vol. 20. – № 3. – P. 173–180.
12. Röbbelen G., Nitsch A. Genetical and physiological investigation on mutants for polyenoic acids in rapeseed, *Brassica napus* L. I. Selection and description of new mutants // Z. Pflanzenzücht. – 1975. – Bd. 75. – S. 93–105.
13. Roy N.N., Tarr A.W. IXLIN – an interspecific source for high linoleic and low linolenic acid content in rapeseed (*Brassica napus*) // Z. Pflanzenzücht. – 1985. – Bd. 95. – S. 201–209.
14. Roy N.N., Tarr A.W. Prospects for the development of rapeseed (*Brassica napus* L.) with improved linoleic and linolenic acid content // Plant Breed. – 1987. – V. 98. – P. 89–96.
15. Scarth R. Stellar low linolenic-high linoleic acid summer rape // Can. J. Plant Sci. – 1988. – V. 68. – No 2. – P. 509–511.
16. Scarth R., Rimmer S.R., McVetty P.B.E. Apollo low linolenic summer rape // Can. J. Plant Sci. – 1995. – Vol. 75. – No 1. – P. 203–204.
17. Сердюк В.В., Бочкарева Э.Б., Горлов С.Л. Результаты исследований по оптимизации жирнокислотного состава масла ярового рапса во ВНИИМК // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2007. – Вып. 1 (136). – С. 76–78.
18. Rücker B., Röbbelen G. Development of high oleic acid rapeseed // Proc. of 9-th Intern. Rapeseed Cong. United Kingdom. – 1995. – V. 2. – P. 389–391.
19. Смирнова М. Перспективы комплексного использования рапса // Международный с.-х. журнал. – 1996. – № 1. – С. 50–52.
20. Рапопорт И.А. Особенности и механизм действия супермутагенов // Супермутагены. – М.: Наука, 1966. – С. 9–23.
21. Зоз Н.Н. Методика использования химических мутагенов в селекции сельскохозяйственных культур // Мутационная селекция. – М.: Наука, 1968. – С. 217–230.
22. Горлов С.Л., Бочкарева Э.Б., Горлова Л.А., Сердюк В.В. Высокоолеиновый сорт рапса ярового Амулет // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 2 (162). – С. 127–128.
23. Горлов С.Л. Селекция озимого рапса (*Brassica napus* L.) на гетерозис: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Сергей Леонидович Горлов. – Краснодар, 1995. – 25 с.
24. Бочкарева Э.Б., Горлова Л.А., Сердюк В.В. Сорт рапса ярового Руян // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2016. – Вып. 1 (165). – С. 129–130.
25. Горлова Л.А., Бочкарева Э.Б., Сердюк В.В., Стрельников Е.А. Оценка перспективных линий рапса ярового селекции ВНИИМК в различных гради-

ентах экологических условий // Масла и жиры. – № 3. – С. 29–33.

26. Горлова Л.А., Бочкарева Э.Б., Сердюк В.В., Стрельников Е.А. Сорт рапса ярового Баланс // Масличные культуры. – 2022. – Вып. 4 (192). – С. 110–112.

27. Stringam G.R., McGregor D.I., Pawlowski S.H. Chemical and morphological characteristics associated with seedcoat colour in rapeseed // Proc. of 4th Intern. Rapeseed Congr. West Germany, Gissen. – 1974. – P. 99–108.

28. Röbbelen G. Qualitätsentwicklungen für den Kornerraps der Zukunft // Qualitäts-Raps. – 1980/81. – S. 46–51.

29. Liu Hou-Li. Studies on the inheritance of yellow-seeded *Brassica napus* L. // Acta Agronomica Scin. – 1992. – V. 18. – P. 241–248.

30. Халилова Л.А. (Горлова Л.А.) Исходный материал для селекции желтосемянного ярового рапса: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Людмила Анатольевна Халилова. – Краснодар, 2002. – 24 с.

31. Потапов Д.А. Создание и изучение трехнулевых форм ярового рапса для селекции в условиях лесостепной зоны Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Дмитрий Анатольевич Потапов. – Омск, 2002. – 19 с.

32. Meng J., Shi S., Gan L. [et al.]. The production of yrllow-seeded *Brassic napus* (AACC) through crossing interspecific hybrids of *B. campestris* (AA) and *B. carinata* (BBCC) with *B. napus* // Euphytica. – 1998. – V. 103. – No 3. – P. 329–333.

33. Rashid A., Rakow G., Downey R.K. Development of yellow-seeded *Brassica napus* through interspecific crosses // Plant Breed. – 1994. – V. 112. – No 2. – P. 127–134.

34. Котлярова Е.Б. Аспекты применения методов биотехнологии в селекции ярового папса (*Brassica napus* L.): автореф. дис. ... канд. биол. наук / Екатерина Борисовна Котлярова. – Рамонь, 2007. – 23 с.

35. Денисова Э.В. Создание желтосемянных форм ярового рапса методом инбридинга // Сиб. вестн. с.-х. науки – 2001. – № ¾. – С. 30–35.

36. Шнота В.И., Бочкарева Э.Б. Селекция желтосемянных сортов сурепицы и рапса «типа 000» // Доклады ВАСХНИЛ. – 1990. – № 10. – С. 25–28.

37. Горлова Л.А., Бочкарева Э.Б., Сердюк В.В., Стрельников Е.А., Поморова Ю.Ю. Первый отечественный желтосемянный сорт рапса ярового Кенар // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 3 (179). – С. 168–170.

38. Бочкарева Э.Б., Горлов С.Л., Сердюк В.В., Халилова Л.А., Поморова Ю.Ю., Шведов И.В., Осик Н.С. Результаты и перспективы селекции рапса и сурепицы во ВНИИМК на качество масла и шрота // Сб. докл. межд. науч.-практ. конф.: Научно-технические аспекты производства экологически чистых масел, белковых продуктов с высокими потребительскими качествами. – Краснодар, 2003. – С. 120–125.

39. Поморова Ю.Ю. Биохимическая характеристика желтосемянной формы рапса и продуктов его переработки: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Краснодар, 2005. – 24 с.

References

1. Baturina T.V., Linchevskiy I.Yu. Agropromyshlennaya integratsiya v maslozhirovom podkomplekse zarubezhnykh stran // Obzornaya informatsiya VNIITEI agroprom. – 1989. – S. 50.

2. Goncharov S.V., Gorlova L.A. Izmenenie sorti-menta rapsa v Rossii v rezul'tate konkurentsii na rynke semyan // Maslichnye kultury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2018. – Vyp. 1 (173). – S. 36–41.

3. Posevnaya ploshchad' po vidam sel'skokho-zyaystvennykh kul'tur (okonchatel'nye itogi): [Elektronnyy resurs] // Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno–statistiches-kaya sistema. Ofitsial'nye statisticheskie pokazateli ROSSTAT. – URL: <https://fedstat.ru/indicator/37662> (data obrashcheniya: 06.04.2023).

4. Shpota V.I., Podkolzina V.E. Skreshchivaemost' gorchitsy sareptskey s bezerukovym rapsom i nasledovanie urovnya soderzhaniya erukovoy kisloty u gibridov // Byul. NTI po maslichnym kul'turam VNIIMK. – 1975. – Vyp. 111. – S. 14–17.

5. Shpota V.I., Podkolzina V.E. Effektivnost' vnutrividovoy gibrizatsii gorchitsy pri seleksii na kachestvo masla // Byul. NTI po maslichnym kul'turam VNIIMK. – 1977. – Vyp. 1. – S. 15–17.

6. Shpota V.I., Podkolzina V.E. Yarovoy raps Kubanskiy // Maslichnye kultury. – 1982. – № 6. – S. 36.

7. Bochkareva E.B. Pervye otechestvennye sorta bezerukovogo yarovogo rapsa // Byul. NTI po maslichnym kul'turam. – Krasnodar, 1983. – Vyp. 83. – S. 18–21.

8. Bochkareva E.B. Itogi raboty po seleksii i semenovodstvu rapsa i surepitsy vo VNIIMK // «Nauchnoe obespechenie otrasli rapsoseyaniya i puti realizatsii biologicheskogo potentsiala rapsa»: nauchnye doklady na mezhdunarodnom koordinatsionnom soveshchaniy po rapsu. – Lipetsk, 2000. – S. 68–70.

9. Bochkareva E.B. Seleksiya maslichnykh kapustnykh na kompleks priznakov: dis. v vide nauch. dokl. ... d-ra s.-kh. nauk / Emma Borisovna Bochkareva. – Krasnodar, 2002. – 50 s.

10. Rakow G. Selection auf linol- and lino-lens auregehalt in rapssamen nach mutagen behandlung // Z. Pflanzenzücht. – 1973. – Bd. 69. – S. 62–68.

11. Bechyně M., Uhlík I. Indukei nizkolinolenovych mutant tepelnymi neutroya N-nitрил-N-nitrosomocovinou u repky jarni // Genetica a slechteni. – 1984. – Vol. 20. – No 3. – P. 173–180.

12. Röbbelen G., Nitsch A. Genetical and physiological investigation on mutants for polyenoic acids in rapeseed, *Brassica napus* L.I. Selection and description of new mutants // Z. Pflanzenzücht. – 1975. – Bd. 75. – S. 93–105.

13. Roy N.N., Tarr A.W. IXLIN – an interspecific source for high linoleic and low linolenic acid content in rapeseed (*Brassica napus*) // Z. Pflanzenzücht. – 1985. – Bd. 95. – S. 201–209.

14. Roy N.N., Tarr A.W. Prospects for the development of rapeseed (*Brassica napus* L.) with improved linoleic and linolenic acid content // Plant Breed. – 1987. – V. 98. – P. 89–96.

15. Scarth R. Stellar low linolenic-high linoleic acid summer rape // Can. J. Plant Sci. – 1988. – V. 68. – No 2. – P. 509–511.

16. Scarth R., Rimmer S.R., McVetty P.B.E. Apollo low linolenic summer rape // *Can. J. Plant Sci.* – 1995. – Vol. 75. – No 1. – P. 203–204.
17. Serdyuk V.V., Bochkareva E.B., Gorlov S.L. Rezultaty issledovaniy po optimizatsii zhirno-kislotnogo sostava masla yarovogo rapsa vo VNIIMK // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK.* – 2007. – Vyp. 1 (136). – S. 76–78.
18. Rücker B., Röbbelen G. Development of high oleic acid rapeseed // *Proc. of 9th Intern. Rapeseed Cong. – United Kingdom, 1995.* – V. 2. – P. 389–391.
19. Smirnova M. Perspektivy kompleksnogo ispol'zovaniya rapsa // *Mezhdunarodnyy s.-kh. zhurnal.* – 1996. – № 1. – S. 50–52.
20. Rapoport I.A. Osobennosti i mekhanizm deystviya supermutagenov // *Supermutageny.* – M.: Nauka, 1966. – S. 9–23.
21. Zoz N.N. Metodika ispol'zovaniya khimicheskikh mutagenov v selektsii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // *Mutatsionnaya selektsiya.* – M.: Nauka, 1968. – S. 217–230.
22. Gorlov S.L., Bochkareva E.B., Gorlova L.A., Serdyuk V.V. Vysokooleinovyiy sort rapsa yarovogo Amulet // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK.* – 2015. – Vyp. 2 (162). – S. 127–128.
23. Gorlov S.L. Seleksiya ozimogo rapsa (*Brassica napus* L.) na geterozis: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk / Sergey Leonidovich Gorlov. – Krasnodar, 1995. – 25 s.
24. Bochkareva E.B., Gorlova L.A., Serdyuk V.V. Sort rapsa yarovogo Ruyan // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK.* – 2016. – Vyp. 1 (165). – S. 129–130.
25. Gorlova L.A., Bochkareva E.B., Serdyuk V.V., Strel'nikov E.A. Otsenka perspektivnykh liniy rapsa yarovogo selektsii VNIIMK v razlichnykh gradientakh ekologicheskikh usloviy // *Masla i zhiry.* – № 3. – S. 29–33.
26. Gorlova L.A., Bochkareva E.B., Serdyuk V.V., Strel'nikov E.A. Sort rapsa yarovogo Balans // *Maslichnye kul'tury.* – 2022. – Vyp. 4 (192). – S. 110–112.
27. Stringam G.R., McGregor D.I., Pawlowski S.H. Chemical and morphological characteristics associated with seedcoat colour in rapeseed // *Proc. of 4th Intern. Rapeseed Congr. – West Germany, Gissen, 1974.* – P. 99–108.
28. Röbbelen G. Qualitätsentwicklungen für den Kornerraps der Zukunft // *Qualitäts-Raps.* – 1980/81. – S. 46–51.
29. Liu Hou-Li. Studies on the inheritance of yellow-seeded *Brassica napus* L. // *Acta Agronomica Scien.* – 1992. – V. 18. – P. 241–248.
30. Khalilova L.A. (Gorlova L.A.) Iskhodnyy material dlya selektsii zheltosemyannogo yarovogo rapsa: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk / Lyudmila Anatol'evna Khalilova. – Krasnodar, 2002. – 24 s.
31. Potapov D.A. Sozdanie i izuchenie trekhnulevykh form yarovogo rapsa dlya selektsii v usloviyakh lesostepnoy zony Zapadnoy Sibiri: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk / Dmitriy Anatol'evich Potapov. – Omsk, 2002. – 19 s.
32. Meng J., Shi S., Gan L. [et al.]. The production of yellow-seeded *Brassica napus* (AACC) through crossing interspecific hybrids of *B. campestris* (AA) and *B. carinata* (BBCC) with *B. napus* // *Euphytica.* – 1998. – V. 103. – No 3. – P. 329–333.
33. Rashid A., Rakow G., Downey R.K. Development of yellow-seeded *Brassica napus* through interspecific crosses // *Plant Breed.* – 1994. – V. 112. – No 2. – P. 127–134.
34. Kotlyarova E.B. Aspekty primeneniya metodov biotekhnologii v selektsii yarovogo rapsa (*Brassica napus* L.): avtoref. dis. ... kand. biol. nauk / Ekaterina Borisovna Kotlyarova. – Ramon', 2007. – 23 s.
35. Denisova E.V. Sozdanie zheltosemyannykh form yarovogo rapsa metodom inbridinga // *Sib. vestn. s.-kh. nauki* – 2001. – № ¾. – 30–35.
36. Shpota V.I., Bochkareva E.B. Seleksiya zheltosemyannykh sortov surepitsy i rapsa «tipa 000» // *Doklady VASKhNIL.* – 1990. – № 10. – S. 25–28.
37. Gorlova L.A., Bochkareva E.B., Serdyuk V.V., Strel'nikov E.A., Pomorova Yu. Yu. Pervyy otechestvennyy zheltosemyanny sort rapsa yarovogo Kenar // *Maslichnye kul'tury.* – 2019. – Vyp. 3 (179). – S. 168–170.
38. Bochkareva E.B., Gorlov S.L., Serdyuk V.V., Khalilova L.A., Pomorova Yu. Yu., Shvedov I.V., Osik N.S. Rezultaty i perspektivy selektsii rapsa i surepitsy vo VNIIMK na kachestvo masla i shrota // *Sb. dokl. mezhd. nauch.-prakt. konf.: Nauchno-tekhicheskie aspekty proizvodstva ekologicheskikh chistykh masel, belkovykh produktov s vysokimi potrebitel'skimi kachestvami.* – Krasnodar, 2003. – S. 120–125.
39. Pomorova Yu. Yu. Biokhimicheskaya kharakteristika zheltosemyannoy formy rapsa i produktov ego pererabotki: avtoref. dis. ... kand. tekh. nauk. – Krasnodar, 2005. – 24 s.

Сведения об авторах

Э.Б. Бочкарева, гл. науч. сотр., д-р с.-х. наук
Л.А. Горлова, зав. отд., вед. науч. сотр., канд. биол. наук
В.В. Сердюк, ст. науч. сотр.
Е.А. Стрельников, зав. лаб., канд. биол. наук

Получено/Received
03.07.2023

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed
17.07.2023

Получено после доработки/Manuscript revised
17.07.2023

Принято/Accepted
21.09.2023

Manuscript on-line
30.11.2023