

УДК 633.853:631.527

DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2024-4-6-17

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ НОВОГО СОРТА ЯРОВОГО РАПСА СВЕТОЗАР*

В.Т. Воловик¹, кандидат сельскохозяйственных наук
С.Е. Сергеева¹, кандидат сельскохозяйственных наук
А.В. Широкова², кандидат биологических наук
Л.М. Коровина¹, кандидат химических наук
Т.В. Леонидова¹, кандидат сельскохозяйственных наук
Т.В. Прологова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская обл., г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

vik_volovik@mail.ru

²ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства

143080, Россия, Московская обл., Одинцовский г.о., пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

MORPHOBIOLOGICAL AND ECONOMICALLY VALUABLE FEATURES OF THE NEW VARIETY OF SPRING RAPESEED 'SVETOZAR'

V.T. Volovik¹, Candidate of Agricultural Sciences
S.E. Sergeeva¹, Candidate of Agricultural Sciences
A.V. Shirokova², Candidate of Biological Sciences
L.M. Korovina¹, Candidate of Chemical Sciences
T.V. Leonidova¹, Candidate of Agricultural Sciences
T.V. Prologova¹, Candidate of Agricultural Sciences

¹Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow Region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

vik_volovik@mail.ru

²Federal Scientific Vegetable Center

143080, Russia, Moscow region, Odintsovsky urban district,

settlement VNISSOK, Selektionnaya str., 14

Представлена морфобиологическая и хозяйственно ценная характеристика перспективного сорта ярового рапса Светозар. Сорт создан с использованием химического мутагенеза: в результате обработки семян сорта Викрос этилметансульфонатом в концентрации 0,03% с последующим отбором линий, отличающихся скороспелостью, устойчивостью к полеганию, улучшенным биохимическим составом семян. Отличительные морфологические признаки: укороченные междоузлия главного стебля, побеги первого порядка базальные, располагаются сближено друг к другу «мутовкой», что повышает устойчивость растений к полеганию; одновременное цветение побегов

*Работа выполнена по заданию ПФНИ № FGGW-2022-0003.

первого порядка и центральной кисти, за счет чего созревание семян на растении ускоряется и происходит дружно на всех ярусах; сурепичный тип расположения стручков, что повышает устойчивость растений к осыпанию семян при перестое на корню и неблагоприятных погодных условиях во время уборки. Средняя урожайность семян за пять лет испытаний составила 2,37 т/га, что на 0,39 т/га выше стандарта сорта Викрос. Содержание жира — $45,4 \pm 2,1\%$, белка — $24,2 \pm 2,0\%$, клетчатки — $8,4 \pm 2,9\%$. Гарантирует получение 28–32 т/га зеленой массы с выходом до 6 т/га сухого вещества. Низкое содержание глюкозинолатов в семенах (11,6–13,9 мкмоль/г) позволит использовать семена, жмых и шрот при кормлении животных в повышенных дозах. С 2023 г. сорт допущен к использованию по пяти регионам России — Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому, Уральскому и Западно-Сибирскому.

Ключевые слова: рапс яровой, химический мутагенез, урожайность семян, сорт, жир, протеин, клетчатка, морфологические признаки.

The morphobiological and economically valuable characteristics of the promising variety of spring rapeseed 'Svetozar' are presented. The variety was created using chemical mutagenesis: as a result of processing seeds of the 'Vikros' variety with ethylmethanesulfonate at a concentration of 0.03%, followed by the selection of lines characterized by precocity, lodging resistance, and improved biochemical composition of seeds. Distinctive morphological features: shortened internodes of the main stem, shoots of the first order are basal, located close to each other in a "whorl", which increases the resistance of plants to lodging; simultaneous flowering of shoots of the first order and the central brush, due to which the maturation of seeds on the plant accelerates and occurs amicably on all tiers; a surepic type of arrangement of pods, which increases the resistance of plants to seed shedding during overstocking on the root and adverse weather conditions during harvesting. The average seed yield over five years of testing was 2.37 t/ha, which is 0.39 t/ha higher than one hundred. The fat content is $45.4 \pm 2.1\%$, protein — $24.2 \pm 2.0\%$, fiber — $8.4 \pm 2.9\%$. It guarantees the production of 28–32 t/ha of green mass with an output of up to 6 t/ha of dry matter. The low content of glucosinolates in seeds (11.6–13.9 mmol/g) will allow the use of seeds, cake and meal when feeding animals in high doses. The variety is approved for use from 2023 in five regions of Russia — Northwestern, Central, Volga-Vyatka, Ural and West Siberian.

Keywords: spring rapeseed, chemical mutagenesis, seed yield, variety, fat, protein, fiber, morphological features.

Для условий центральной России масличные капустные культуры наиболее приспособлены по своим биологическим характеристикам [1].

Масложировая отрасль расширяет сеть заводов по производству растительного масла, а жмыхи и шроты востребованы в комбикормовой промышленности. В настоящее время рапс является одной из самых маржинальных масличных культур.

Рапсовое масло используется в пищевой, комбикормовой, технической, медицинской, военной промышленности. Состав жирных кислот рапсового

масла является основным признаком, определяющим режим его использования [2; 3]. Жмыхи и шроты двулулевых сортов рапса являются ценными добавками в комбикормах не только в животноводстве, но и в птицеводстве, а последнее время и в рыбоводстве [4; 5; 6; 7; 8].

Импортозамещение, определенное в постановлениях Правительства, будет реальным, если сельхозпроизводители будут обеспечены отечественными семенами. Для получения высоких урожаев необходимы качественные семена сортов и гибридов, приспособленных к

конкретным почвенно-климатическим условиям. До 40% успеха зависит от правильно выбранного сорта.

Вследствие растрескивания стручков и полегания растений урожай может снизиться на 25–50%, кроме того, ухудшаются биохимические характеристики собранных маслосемян [9].

Селекция сортов и гибридов, устойчивых к комплексу биотических и абиотических факторов, является основным в деле повышения продуктивности рапсового сеяния.

Одним из наиболее эффективных методов получения нового исходного материала рапса является химический мутагенез [10]. Успешность мутагенеза в создании новых сортов и линий показана в работах многих зарубежных авторов [11; 12; 13]. В нашей стране работы по изучению действия и использования химического мутагенеза в сельском хозяйстве широко велись И. А. Рапопортом, его учениками и последователями [14–22].

Основой повышения урожайности семян являются научные исследования по биологии развития культур, изучению специфики цветения и плодообразования в зависимости от сортовых особенностей и почвенно-климатических факторов. При этом особое внимание должно уделяться методам репродуцирования семян сортов нового поколения, обеспечивающих сохранность их генетических характеристик, технологиям очистки и сортировки, позволяющим доводить посевной материал до требований соответствующего ГОСТ [15; 16; 17].

Цель работы — дать морфобиологическую и хозяйственную оценку новому сорту ярового рапса Светозар.

Методика исследований. Исследования проводились в 2019–2023 гг. на полях ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с содержанием гумуса 1,8–2,24%, азота — 0,123–0,145%, P_2O_5 — 18,6–28,2 и K_2O — 8,2–12,5 мг на 100 г почвы, $pH_{\text{сол.}}$ — 5,16–5,4. Обработка почвы: зяблевая вспашка, весенняя культивация, внесение удобрений, повторная культивация с выравниванием и прикатыванием до и после посева. Фосфорно-калийные удобрения вносили с учетом содержания элементов в почве на расчетный урожай семян ярового рапса 3 т/га; азотные удобрения — в дозе 60 кг действующего вещества на 1 га. Посев проводили при наступлении физической спелости почвы селекционной сеялкой СТ-7 на глубину 2–3 см. Делянки шириной 1,05 м и длиной 10 м. Повторность четырехкратная. Семена перед посевом обрабатывали Имидалит, КЭ (8 л/т). Для борьбы с сорняками применяли почвенный гербицид Бутизан 400 КЭ в дозе 1 л/га в фазу трех–четырёх листьев культуры, при необходимости — Лонтрел ВР (0,3 л/га) или Фюзилад супер, КЭ (1 л/га). Для защиты от вредителей посевы опрыскивали инсектицидом Децис Супер (0,1 л/га). Уборка проводилась сплошным обмолотом комбайном Винтерштайгер с предварительным взятием снопов для определения структуры урожая. Закладка питомников, наблюдения и учеты осуществлялись по методикам ВНИИ кормов, ВНИИМК и ВИР. Жирнокислотный состав масла определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе Кристалл 2000М с использованием капиллярной колонки ZB 50 длиной 30 м с компьютерной про-

граммой обработки данных. Для идентификации жирных кислот (ЖК) использовали стандарт фирмы Supelco 37 comp. Fame Mix 10 mg/ml in CH₂Cl₂ (USA). Содержание глюкозинолатов в семенах определяли методом «глюкотест» и палладиевым методом на спектрофотометре. Биохимический состав семян определен по общепринятым методикам. Содержание общего азота — фотометрически с последующим пересчетом на белок, сырой клетчатки — по методу Геннеберга и Штомана, содержание жира — методом обезжиренного остатка.

Погодные условия различались по теплообеспеченности: показатели 2019, 2020, 2022, 2023 гг. были выше, а 2021 г. — значительно выше средних многолетних; количество выпавших осадков в период вегетации 2019 и 2020 гг. было в 1,5 раза выше, 2021 и 2023 гг. — ниже средних значений, 2022 г. был засушливым: в 2,4 раза суше первая и в 5 раз вторая половина вегетации.

Это позволило дать объективную оценку перспективному сорту ярового рапса Светозар.

Результаты и обсуждение экспериментальных данных. Методом химического мутагенеза с использованием этилметансульфоната в концентрации 0,03% получен новый исходный материал ярового рапса с измененными по сравнению с исходным сортом Викрос (патент № 0829) биохимическими и морфологическими свойствами. В результате проведенных отборов и самоопыления на базе одного из номеров создан двунулевой сорт ярового рапса Светозар.

Урожайность семян — признак полигенный, зависящий от многих биотических и абиотических факторов. Средняя за 5 лет урожайность семян перспективного сорта Светозар составила 2,37 т/га с колебаниями от 1,39 в 2022 засушливом году до 3,1 т/га в 2023 г., что на 0,39 т (16,5%) выше стандарта (табл. 1).

1. Урожайность семян перспективного сорта ярового рапса Светозар

Сорт	Урожайность семян, т/га						
	2019 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя	Стандартное отклонение
Светозар	2,62	2,21	1,39	3,10	2,51	2,37	0,63
Викрос	2,10	2,11	1,30	2,60	1,78	1,98	0,48
НСР ₀₅	0,21	0,15	0,10	0,24	0,19	0,20	—

Не только урожайность является важной характеристикой любого сорта, но и биохимический состав семян, определяющий хозяйственную ценность. Содержание жира в семенах сорта Светозар варьировало от 42,7 до 48,0 г/100 г семян, среднее содержание — 45,4%. В 100 г семян содержалось от 21,7 до 27,2 г

белка. По сумме жира и белка сорт Светозар несколько превосходил стандарт (табл. 2). Преимущество по сбору жира и белка с единицы площади имел перспективный сорт. Средний сбор жира составил 1,1 т, белка — 0,57 т/га, что выше стандарта на 0,21 и 0,1 т/г соответственно.

2. Биохимический состав семян ярового рапса сорта Светозар

Год	Содержание, г/100 г семян							
	клетчатка		жир		белок		сумма жира и белка	
	Сорта							
	Светозар	Викрос	Светозар	Викрос	Светозар	Викрос	Светозар	Викрос
2019	6,6	6,6	45,6	44,1	24,8	24,0	70,4	68,1
2020	6,4	6,2	46,5	48,8	21,7	20,9	68,1	69,8
2021	8,8	9,3	44,0	41,1	27,2	26,8	71,1	67,9
2022	7,2	8,0	48,0	46,6	24,1	26,6	72,0	73,2
2023	13,2	13,7	42,7	43,5	23,2	21,6	65,9	65,1
Среднее	8,4	8,7	45,4	44,8	24,2	23,9	69,5	68,8
Стандартное отклонение	2,9	3,0	2,0	2,9	2,0	2,7	2,4	2,9

Состав жирных кислот рапсового масла считается оптимальным для пищевых целей, если содержит около 7% насыщенных ЖК (включая пальмитиновую C16:0 и стеариновую C18:0), 61% мононенасыщенной олеиновой C18:1 и полиненасыщенные кислоты: линолевую C18:2 — 20%, линоленовую C18:3 — 10% и эйкозеновую C20:1 — 1% [23]. Селекция на качество масла трех основных физиологически важных кислот проводится на всех стадиях работы. Олеиновая кислота является главным представителем омега-9 кислот [24]. Это группа мононенасыщенных триглицеридов, которые входят в структуру каждой клетки человеческого организма. Данные жиры участвуют в построении миелина нейронов, регулируют обмен эссенциальных соединений, активируют синтез гормонов, нейромедиаторов и витаминоподобных веществ [25].

Существует довольно много видов омега-6 жирных кислот. Наиболее важным представителем группы полиненасыщенных жирных кислот, относящихся

к омега-6, является линолевая кислота C18:2(n-6), сюда же относятся арахидоновая кислота C20:4(n-6), гамма-линоленовая кислота C18:3(n-6), эйкозадиеоновая кислота C20:2(n-6). Данные соединения стабилизируют обменные процессы в организме, поддерживают целостность клеточных мембран, потенцируют синтез гормоноподобных веществ, снижают психоэмоциональное напряжение, улучшают функциональное состояние дермы [26].

К омега-3 относят 11 полиненасыщенных жирных кислот. Без них не могут нормально функционировать нервная и иммунная системы. Из них синтезируются гормоноподобные вещества, регулирующие течение воспалительных процессов, свертываемость крови, сокращение и расслабление стенок артерий и другие важные процессы.

Самыми ценными считаются три жирные кислоты омега-3: альфа-линоленовая C18:3(n-3), эйкозопентаеновая C20:5(n-3) и докозогексаеновая C22:5(n-3) [27].

Питательная ценность масла рапса по принятому отношению ПНЖК/НЖК (полиненасыщенные жирные кислоты/насыщенные жирные кислоты) у сорта Светозар составляет в среднем 4,5. Это соот-

ношение характерно для масел, используемых в диетическом питании.

Средний состав жирных кислот в семенах нового сорта приведен на рис. 1.

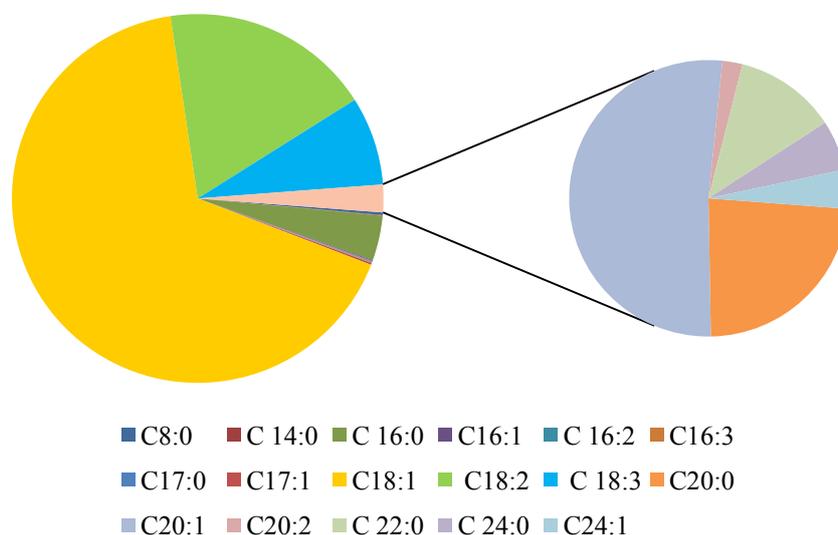


Рис. 1. Диаграмма жирнокислотного состава масла ярового рапса сорта Светозар

В семенах перспективного сорта эруковая кислота, вызывающая негативное действие на организм, не обнаруживалась.

Среднее содержание олеиновой кислоты за годы оценки составило 65,6%, линолевой — 19,4 и линоленовой — 8,3% (рис. 2).

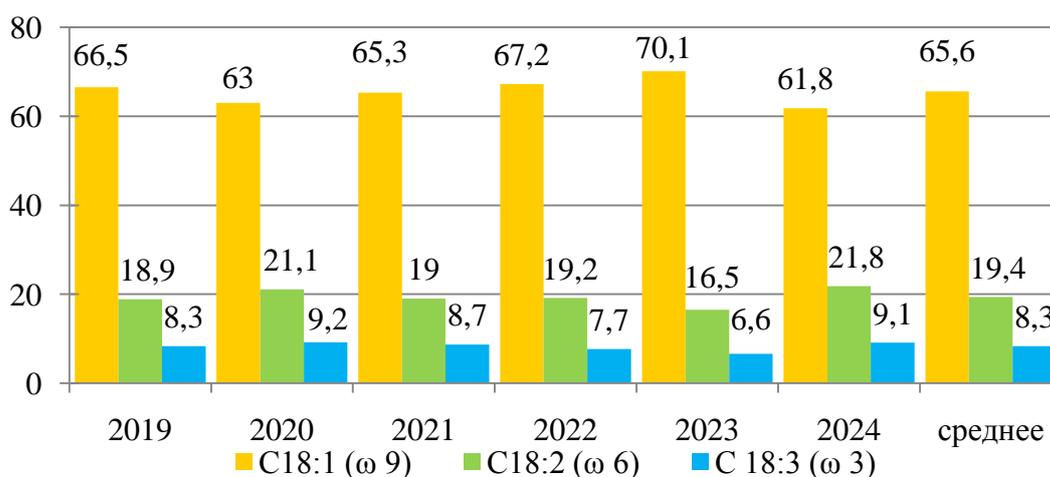


Рис. 2. Содержание основных жирных кислот в масле ярового рапса сорта Светозар

Белок рапса, как известно, является по своим биологическим свойствам ценным в кормовом отношении, т. к. содержит все необходимые для организма животных и птицы аминокислоты. Особенно он богат серосодержащими аминокислотами, которых недостаточно в белке сои. Для замены соевого белка в рационах животных рапсовым необходимо снижение в семенах содержания глюкозинолатов. В семенах «канолы» содержание глюкозинолатов регламентируется 18 мкмоль/г. По существующему ГОСТ Р 52325-2005 в семенах рапса репродукции ОС (суперэлита) должно со-

держаться не выше 15 мкмоль/г глюкозинолатов. В семенах сорта Светозар среднее содержание глюкозинолатов составляет 14,2 мкмоль/г (<0,5%).

Повышение питательности кормов с участием рапса возможно за счет снижения содержания клетчатки Среднее содержание клетчатки в семенах перспективного сорта — 8,4% (табл. 2).

Отличительные морфологические признаки сорта (табл. 3): средняя высота растений ($94,6 \pm 13,7$ см), варьирует в зависимости от условий года от 77,6–79,3 (2020, 2021 гг.) до 110–115 см (2023, 2024 гг.).

3. Морфология растений ярового рапса сорта Светозар в 2019–2024 гг.

Год	Высота растения, см	Высота прикрепления нижнего побега, см	Количество, шт.							Длина стручка, см	Длина носика стручка, см	Количество семян в пятом стручке, шт.
			побегов				стручков					
			1-го порядка	2-го порядка	3-го порядка	всего	на главном побеге	на боковых побегах	всего			
2019	98,1	24,8	3,8	4,1	0,7	8,7	15,1	52,5	85,9	6,6	1,2	17,5
2020	77,6	36,3	1,9	1,7	0	3,6	17,2	22,3	39,5	5,5	0,7	18,8
2021	79,3	23,3	3,6	2,1	0	5,7	21,4	41	62,4	6,2	1,2	18
2022	90,1	42,1	2,9	0,5	0	3,4	30,1	29,1	59,2	6,4	0,8	15,2
2023	108,0	45,4	3,9	4,0	2,8	10,7	29,6	43,6	73,2	6,9	1,0	21,8
2024	114,3	35,2	3,6	2,4	3,1	6,1	19,9	48,1	67,9	7,3	1,0	21,2
Среднее	94,6	34,5	3,2	2,5	1,2	6,3	22,2	39,4	64,7	6,5	1,0	18,8
Стандартное отклонение	13,7	8,2	0,7	1,4	1,5	2,9	6,3	11,5	15,5	0,6	0,2	2,2

Высота прикрепления первого побега — $34,2 \pm 8,2$ см. Характерны укороченные междоузлия главного стебля.

Побеги первого порядка базальные, расположены сближено «мутовкой», направлены вверх под острым углом. Такая архитектура растений повышает их устойчивость к полеганию.

Распускание бутонов в соцветиях побегов первого порядка происходит одновременно с зацветанием центральной кисти. Цветение дружное, за счет чего созревание семян на растении происходит одновременно на всех ярусах, тем самым снижается разнокачественность полученных семян.

Стручки на побегах расположены почти вертикально, параллельно оси побега (рис. 3–4), что повышает устойчивость к растрескиванию. Стручок дли-

ной $6,5 \pm 0,6$ см, носик стручка — $0,9 \pm 0,2$ см. Семена в стручке лежат плотно друг к другу, в среднем в стручке — $20 \pm 2,2$ семени (рис. 5–6).



Рис. 3. Растение ярового рапса Светозар в фазу стручкообразования



Рис. 4. Растение ярового рапса Светозар в фазу полной спелости



Рис. 5. Стручок ярового рапса сорта Светозар



Рис. 6. Семена ярового рапса сорта Светозар

Масса 1000 семян — 3,6–4,5 г. При неблагоприятных погодных условиях на

нижней части стеблей отмечается легкий антоциановый оттенок.

Продолжительность вегетационного периода в среднем составляла 98 ± 5 дней.

Заключение. Сорт Светозар (патент № 12945) создан методом химического мутагенеза (обработка семян ярового рапса сорта Викрос этилметансульфонатом в концентрации 0,03%).

Авторы сорта: Воловик В.Т., Широкова А.В., Сергеева С.Е., Коровина Л.М., Крутиус О.Н., Кузьмина А.В.

Сорт допущен к использованию с 2023 г. по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому, Уральскому и Западно-Сибирскому регионам.

Литература

1. Воловик В.Т., Шпаков А.С. Производство рапса в Центральной России: состояние и перспективы // Кормопроизводство. – 2020. – № 10. – С. 3–9. – ISBN: 1562-0417.
2. Napier J.A., Haslam R.P., Beaudoin F., Cahoon E.B. Understanding and manipulating plant lipid composition: metabolic engineering leads the way. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2014; 19: 68–75.
3. Гаганов А.П., Зверкова З.Н., Осипян Б.А. Рапсовое масло в кормлении цыплят-бройлеров // Комбикорма. – 2020. – № 7–8. – С. 42–44.
4. Гаганов А.П., Юртаева К.Е. Яровой рапс в комбикормах цыплят-бройлеров // Комбикорма. – 2018. – № 10. – С. 70–72.
5. Гаганов А.П., Зверкова З.Н., Юртаева К.Е. Выращивание цыплят-бройлеров на новых сортах ярового рапса // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101, № 4. – С. 70–72.
6. Гаганов А.П., Зверкова З.Н., Осипян Б.А. Высокопротеиновый источник для бройлеров [Электронный ресурс] // Адаптивное кормопроизводство. – 2019. – № 3. – С. 36–47. – URL: <http://www.adaptagro.ru>.
7. Гаганов А.П., Зверкова З.Н. Влияние комбикормов, содержащих различные уровни рапсового жмыха, на эффективность их использования цыплятами-бройлерами // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 102, № 4. – С. 238–245.
8. Гаганов А.П., Зверкова З.Н., Харламов К.В. Рапсовый жмых в кормлении цыплят-бройлеров // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 3. – С. 49–52.
9. Hossain S., Kadkol G.P., Raman R., Salisbury P.A., Raman H. Breeding *Brassica napus* for shatter resistance. World's largest Science, Technology & Medicine Open Access book publisher, 2012. DOI: 10.5772/29051. Downloaded from: <http://www.intechopen.com/books/plant-breeding>.
10. Channaoui S., Labhilili M., Mazouz H., Mohamed El.F., Nabloussi A. Assessment of novel EMS-induced genetic variability in rapeseed (*Brassica napus* L.) and selection of promising mutants. *Pakistan Journal of Botany.* 2019. 51. DOI: 10.30848/PJB2019-5(15).
11. Lakhssassi N., Colantonio V., Flowers N.D. et al. Stearoyl-Acyl Carrier Protein Desaturase Mutations Uncover an Impact of Stearic Acid in Leaf and Nodule Structure. *Plant Physiol.* 2017 Jul;174(3):1531–1543.
12. Capilla-Perez L., Victor Solier, Virginie Portemer et al. The HEM Lines: A New Library of Homozygous *Arabidopsis thaliana* EMS Mutants and its Potential to Detect Meiotic Phenotypes. *Front Plant Sci.* 2018; 9:1339.
13. Fikere Mulusew Barbulescu, Denise Maria, Malmberg, M. Michelle et al. Genomic prediction and genetic correlation of agronomic, blackleg disease and seed quality traits in canola (*Brassica napus* L.). (2019). *International Plant and Animal Genome Conference*, San Diego, USA (12–16 January 2019. USA.)
14. Эффективность химических мутагенов в селекции : сборник статей / Отв. ред.: И.А. Рапопорт, Т.В. Сальникова; Ин-т химической физики АН СССР. – М. : Наука, 1976. – 351с.
15. Зоз Н.Н. Методика использования химических мутагенов в селекции сельскохозяйственных культур // Мутационная селекция : сборник статей. – М. : Наука, 1968. – С. 217–230.

16. Толмачева Е.В., Новоселов М.Ю. Применение метода химического мутагенеза для создания нового исходного материала лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Школа молодых ученых по эколого-генетическим основам Северного растениеводства в рамках Международной научно-практической конференции (Киров, 02–03 апреля 2015 года). – Киров, 2015. – С. 238–241.
17. Новоселов М.Ю. Метод химического мутагенеза в селекции клевера лугового // Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера. Ред.: З.Ш. Шамсутдинов, А.С. Новоселова, С.А. Бекузарова. – Москва, 2002. – С. 25–28.
18. Новоселов М.Ю. Особенности отбора и сохранения мутантных форм клевера лугового // Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера. Ред.: З.Ш. Шамсутдинов, А.С. Новоселова, С.А. Бекузарова. – Москва, 2002. – С. 28–29.
19. Amosova A.V., Zoshchuk S.A., Volovik V.T., Shirokova A.V., Horuzhiy N.E., Mozgova G.V., Yurkevich O.Yu., Artyukhova M.A., Lemesh V.A., Samatadze T.E., Muravenko O.V. Phenotypic, biochemical and genomic variability in generations of the rapeseed (*Brassica napus* L.) mutant lines obtained via chemical mutagenesis. *PLOS ONE*, 2019, vol. 14, no. 8, pp. e0221699.
20. Shirokova A., Volovik V., Baranova E., Krutius O., Sergeeva S., Korovina L., Muravenko O. The relationship of color and seed coat thickness with the content of fiber, fat and protein in the seeds of mutant lines of canola. *Book of abstracts 15th International Rapeseed Congress (Berlin, June 16–19, 2019)*. Berlin, 2019, pp. 287.
21. Исторические аспекты, состояние и перспективы развития семеноводства кормовых трав в России / В.Н. Золотарев, О.В. Трухан, П.И. Комахин, Т.В. Козлова // Кормопроизводство. – 2022. – № 7. – С. 3–9. – DOI: 10.25685/KRM.2022.7.2022.008.
22. Золотарев В.Н. Продуктивность семенных травостоев многолетних видов мятликовых трав на почвах разного уровня плодородия // Кормопроизводство. – 2022. – № 7. – С. 15–19. – EDN: XELUQW.
23. Sharafi Y., Majidi M.M., Goli S.H., Rashidi F. Oil content and fatty acids composition in Brassica species. *Int. J. Food Prop.* 2015; 18: 2145–2154.
24. Вся правда об Омега-9 (олеиновая кислота) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lifegid.com/bok/1636-vsya-pravda-o-omega-9-oleinovaya-kislota.html> (дата обращения 02.01.2024).
25. Сравнение жирнокислотного состава различных пищевых масел / В.Т. Воловик, Т.В. Леонидова, Л.М. Коровина, Н.А. Блохина, Н.П. Касарина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 5. – С. 147–152.
26. Омега-6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/omega-6/> (дата обращения 03.01.2024).
27. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты — это должен знать каждый [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://culturazdoroviya.ru/omega-3-polinenasyschennye-zhirnye-kisloty.html> (дата обращения 03.01.2024).

References

1. Volovik V.T., Shpakov A.S. Proizvodstvo rapsa v Tsentral'noy Rossii: sostoyaniye i perspektivy [Rapeseed production in Central Russia: status and prospects]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 2020, no. 10, pp. 3–9. ISBN: 1562-0417.
2. Napier J.A., Haslam R.P., Beaudoin F., Cahoon E.B. Understanding and manipulating plant lipid composition: metabolic engineering leads the way. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2014; 19: 68–75.
3. Gaganov A.P., Zverkova Z.N., Osipyanyan B.A. Rapsovoye maslo v kormlenii tsyplyat-broylerov [Rapeseed oil in feeding broiler chickens]. *Kombikorma [Compound feed]*, 2020, no. 7–8, pp. 42–44.
4. Gaganov A.P., Yurtaeva K.E. Yarovoy raps v kombikormakh dlya tsyplyat-broylerov [Spring rapeseed in compound feed for broiler chickens]. *Kombikorma [Compound feed]*, 2018, no. 10, pp. 70–72.

5. Gaganov A.P., Zverkova Z.N., Yurtaeva K.E. Vyrashchivaniye tsyplyat-broylerov na novykh sortakh yarovogo rapsa [Growing broiler chickens on new varieties of spring rapeseed]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal husbandry and forage production], 2018, vol. 101, no. 4, pp. 70–72.
6. Gaganov A.P., Zverkova Z.N., Osipyanyan B.A. Vysokoproteinovyy istochnik dlya broylerov [High-protein source for broilers]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production], 2019, no. 3, pp. 36–47. URL: <http://www.adaptagro.ru>.
7. Gaganov A.P., Zverkova Z.N. Vliyaniye kombikormov, soderzhashchikh razlichnyye urovni rapsovogo zhmykha, na effektivnost' ikh ispol'zovaniya tsyplyatami-broylerami [The influence of compound feeds containing different levels of rapeseed cake on the efficiency of their use by broiler chickens]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal husbandry and feed production], 2019, vol. 102, no. 4, pp. 238–245.
8. Gaganov A.P., Zverkova Z.N., Kharlamov K.V. Rapsovyy zhmykh v kormlenii tsyplyat-broylerov [Rapeseed cake in feeding broiler chickens]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* [Russian agricultural science], 2020, no. 3, pp. 49–52.
9. Hossain S., Kadkol G.P., Raman R., Salisbury P.A., Raman H. Breeding *Brassica napus* for shatter resistance. World's largest Science, Technology & Medicine Open Access book publisher, 2012. DOI: 10.5772/29051. Downloaded from: <http://www.intechopen.com/books/plant-breeding>.
10. Channaoui S., Labhilili M., Mazouz H., Mohamed El.F., Nabloussi A. Assessment of novel EMS-induced genetic variability in rapeseed (*Brassica napus* L.) and selection of promising mutants. *Pakistan Journal of Botany*. 2019. 51. DOI: 10.30848/PJB2019-5(15).
11. Lakhssassi N., Colantonio V., Flowers N.D. et al. Stearoyl-Acyl Carrier Protein Desaturase Mutations Uncover an Impact of Stearic Acid in Leaf and Nodule Structure. *Plant Physiol.* 2017 Jul;174(3):1531–1543.
12. Capilla-Perez L., Victor Solier, Virginie Portemer et al. The HEM Lines: A New Library of Homozygous *Arabidopsis thaliana* EMS Mutants and its Potential to Detect Meiotic Phenotypes. *Front Plant Sci.* 2018; 9:1339.
13. Fikere Mulusew Barbulescu, Denise Maria, Malmberg, M. Michelle et al. Genomic prediction and genetic correlation of agronomic, blackleg disease and seed quality traits in canola (*Brassica napus* L.). (2019). *International Plant and Animal Genome Conference*, San Diego, USA (12–16 January 2019. USA.)
14. Effektivnost' khimicheskikh mutagenov v selektsii : sbornik statey [Efficiency of chemical mutagens in breeding: collection of articles]. Ed.: I.A. Rapoport, T.V. Salnikova; Institute of Chemical Physics, USSR Academy of Sciences. Moscow, Nauka Publ., 1976, 351 p.
15. Zoz N.N. Metodika ispol'zovaniya khimicheskikh mutagenov v selektsii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Methods of using chemical mutagens in breeding agricultural crops]. *Mutatsionnaya selektsiya: sbornik statey* [Mutation breeding: a collection of articles]. Moscow, Nauka Publ., 1968, pp. 217–230.
16. Tolmacheva E.V., Novoselov M.Yu. Primeneniye metoda khimicheskogo mutageneza dlya sozdaniya novogo iskhodnogo materiala lyadventsya rogatogo (*Lotus corniculatus* L.) [Application of the method of chemical mutagenesis to create a new source material of *Lotus corniculatus* L.]. *Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy i rasteniyevodstve. Shkola molodykh uchenykh po ekologo-geneticheskim osnovam Severnogo rasteniyevodstva v ramkakh Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Kirov, 02–03 aprelya 2015 goda)* [Methods and technologies in plant breeding and crop production. School of young scientists on the ecological and genetic foundations of Northern crop production within the framework of the International scientific and practical conference (Kirov, April 2–3, 2015)]. Kirov, 2015, pp. 238–241.
17. Novoselov M.Yu. Metod khimicheskogo mutageneza v selektsii klevera lugovogo [Method of chemical mutagenesis in breeding of red clover]. *Metodicheskiye ukazaniya po selektsii i pervichnomu*

- semenovodstvu klevera* [Methodical instructions for selection and primary seed production of clover]. Ed.: Z.Sh. Shamsutdinov, A.S. Novoselova, S.A. Bekuzarova. Moscow, 2002, pp. 25–28.
18. Novoselov M.Yu. Osobennosti otbora i sokhraneniya mutantnykh form klevera lugovogo [Features of selection and conservation of mutant forms of red clover]. *Metodicheskiye ukazaniya po selektsii i pervichnomu semenovodstvu klevera* [Methodical instructions for selection and primary seed production of clover]. Ed.: Z.Sh. Shamsutdinov, A.S. Novoselova, S.A. Bekuzarova. Moscow, 2002, pp. 28–29.
 19. Amosova A.V., Zoshchuk S.A., Volovik V.T., Shirokova A.V., Horuzhiy N.E., Mozgova G.V., Yurkevich O.Yu., Artyukhova M.A., Lemesh V.A., Samatadze T.E., Muravenko O.V. Phenotypic, biochemical and genomic variability in generations of the rapeseed (*Brassica napus* L.) mutant lines obtained via chemical mutagenesis. *PLOS ONE*, 2019, vol. 14, no. 8, pp. e0221699.
 20. Shirokova A., Volovik V., Baranova E., Krutius O., Sergeeva S., Korovina L., Muravenko O. The relationship of color and seed coat thickness with the content of fiber, fat and protein in the seeds of mutant lines of canola. *Book of abstracts 15th International Rapeseed Congress (Berlin, June 16–19, 2019)*. Berlin, 2019, pp. 287.
 21. Zolotarev V.N., Trukhan O.V., Komakhin P.I., Kozlova T.V. Istoricheskiye aspekty, sostoyaniye i perspektivy razvitiya semenovodstva kormovykh trav v Rossii [Historical aspects, state and prospects for the development of seed production of forage grasses in Russia]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 2022, no. 7, pp. 3–9. DOI: 10.25685/KRM.2022.7.2022.008.
 22. Zolotarev V.N. Produktivnost' semennykh travostoyev mnogoletnikh vidov myatlikovykh trav na pochvakh raznogo urovnya plodorodiya [Productivity of seed herbage stands of perennial species of bluegrass grasses on soils of different fertility levels]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 2022, no. 7, pp. 15–19. EDN: XELUQW.
 23. Sharafi Y., Majidi M.M., Goli S.H., Rashidi F. Oil content and fatty acids composition in Brassica species. *Int. J. Food Prop.* 2015; 18: 2145–2154.
 24. Vsyay pravda ob Omega-9 (oleinovaya kislota). Rezhim dostupa: <https://lifegid.com/bok/1636-vsya-pravda-o-omega-9-oleinovaya-kislota.html> (data obrashcheniya 02.01.2024) [The whole truth about Omega-9 (oleic acid). Access mode: <https://lifegid.com/bok/1636-vsya-pravda-o-omega-9-oleinovaya-kislota.html> (date of access 01/02/2024)].
 25. Volovik V.T., Leonidova T.V., Korovina L.M., Blokhina N.A., Kasarina N.P. Sravneniye zhirnokislotochnogo sostava razlichnykh pishchevykh masel [Comparison of fatty acid composition of various edible oils]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2019, no. 5, pp. 147–152.
 26. Omega-6. Rezhim dostupa: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/omega-6/> (data obrashcheniya 03.01.2024) [Omega-6. Access mode: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/omega-6/> (date of access 03.01.2024)].
 27. Omega-3 polinenasyshchennyye zhirnyye kisloty – eto dolzhen znat' kazhdyy. Rezhim dostupa: <http://culturazdoroviya.ru/omega-3-polinenasyshchennyye-zhirnyye-kisloty.html> (data obrashcheniya 03.01.2024) [Omega-3 polyunsaturated fatty acids – everyone should know this. Access mode: <http://culturazdoroviya.ru/omega-3-polinenasyshchennyye-zhirnyye-kisloty.html> (date of access 03.01.2024)].