

Изучение гибридов F₁ *Carthamus tinctorius* L. в условиях Северного Прикаспия

© 2024. Н. А. Зайцева✉, С. В. Зайцев

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр
Российской академии наук», с. Соленое Займище, Российская Федерация

Сафлор красильный (Carthamus tinctorius L.) – масличная культура, отличающаяся высокой засухоустойчивостью. В условиях возрастающей аридизации климата в России, особенно в южных регионах, у сельхозтоваропроизводителей появляется интерес к этой культуре. Наиболее актуальным становится создание новых сортов, способных давать стабильные урожаи даже в острозасушливых регионах. Опыты закладывали в 2022–2023 гг. в условиях Астраханской области. Изучали гибриды F₁ сафлора красильного, которые были получены от скрещивания семи перспективных сортообразцов, отобранных из коллекции ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), и двух сортов, созданных на базе Прикаспийского аграрного федерального научного центра. Предварительно на протяжении трех лет проводили самоопыление родительских пар с помощью изоляторов из нетканного материала, который пропускает воздух, но не пропускает насекомых и пыльцу. Скрещивание проводили в 2022 г. по методике Т. В. Леус, Е. В. Ведмедевой (2013) с помощью сыва пыльцы с последующим опылением в течение трех суток. В 2023 г. полученные при скрещивании семена гибридов F₁ были высеяны широкорядным способом на делянках площадью 2 м² для их хозяйственно-биологической оценки и сравнения с родителями. На основе полученных данных выделены перспективные гибриды (колючие), которые превысили родительские пары по урожайности и масличности: 1/22 (от скрещивания Окер х Астраханский 747) – на 0,18–0,20 т/га и 3–4 абс.%; 4/22 (Центр 70 х Астраханский 747) – на 0,11–0,29 т/га и 6 абс.% соответственно. Из неколючих гибридов выделились – 5/22 (Шахалли-260 х Астраханский 646), 9/22 (Цамбули х Ширкас), 7/22 (Цамбули х Астраханский 646), урожайность которых превысила родительские пары на 0,17–0,72 т/га, масличность – на 1–5 абс.%.

Ключевые слова: сафлор красильный, гибридизация, селекция, биометрия, урожайность, масличность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (тема № FNMW-2022-0010).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Зайцева Н. А., Зайцев С. В. Изучение гибридов F₁ *Carthamus tinctorius* L. в условиях Северного Прикаспия. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(5):818–830. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.818-830>

Поступила: 24.06.2024

Принята к публикации: 16.09.2024

Опубликована онлайн: 30.10.2024

Research of *Carthamus tinctorius* L. F₁ hybrids in the conditions of the Northern Caspian region

© 2024. Nadezhda A. Zaitseva✉, Sergei V. Zaitsev

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Solenoe Zajmishhe, Russian Federation

Safflower (Carthamus tinctorius L.) is an oilseed crop characterized by high drought tolerance. In conditions of increasing climate aridisation in Russia, especially in the southern regions, agricultural producers are becoming interested in this crop. It is especially important to develop new varieties capable of producing stable yields even in severely arid regions. Experiments were laid in 2022–2023 in the conditions of the Astrakhan region. They studied Carthamus tinctorius L. F₁ hybrids which were obtained from crossing seven promising varieties selected from the collection of FRC N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) and two varieties developed at the Precaspian Agrarian Federal Scientific Centre. Preliminary self-pollination of parental pairs was carried out for three years using insulators made of non-woven material, which allows air to pass through, but does not allow insects and pollen to pass through. Crossing was carried out in 2022 according to the method of T. V. Leus and E. V. Vedmedeva (2013) using pollen flushing followed by pollination for three days. In 2023, seeds of F₁ hybrids obtained by crossing were sown in a wide-row method on 2 m² plots for their economic and biological evaluation and comparison with parents. On the basis of the obtained data, promising hybrids (prickly) were identified, which exceeded the parental pairs in yield and oil content: 1/22 (from crossing Oker x Astrakhansky 747) – by 0.18–0.20 t/ha and 3–4 abs.%; 4/22 ('Centre 70' x 'Astrakhansky 747') – by 0.11–0.29 t/ha and 6 abs.%, respectively. Among non-spiny hybrids, the following hybrids stood out: 5/22 ('Shahalli-260' x 'Astrakhansky 646'), 9/22 ('Tsambuli' x 'Shirkas'), 7/22 ('Tsambuli' x 'Astrakhansky 646'), yields of which exceeded parental pairs by 0.17–0.72 t/ha, oil content – by 1–5 abs.%.

Key words: *Carthamus tinctorius* L., hybridization, breeding, biometrics, yield, oil content

Acknowledgments: the research was supported by the Ministry of Science and Higher Education and of the Russian Federation within the state assignment of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (theme No. FNMW-2022-0010).

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare that there is no conflict of interest.

For citations: Zaitseva N. A., Zaitsev S. V. Research of *Carthamus tinctorius* L. F₁ hybrids in the conditions of the Northern Caspian region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(5):818–830. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.818-830>

Received: 24.06.2024

Accepted for publication: 16.09.2024

Published online: 30.10.2024

Сафлор красильный – это культура, которая по своим адаптационным возможностям в условиях резко континентального климата Северного Прикаспия не имеет себе равных [1]. При наблюдаемой в последние годы аридизации климата возникает необходимость возделывания культур, которые могут максимально адаптироваться и адекватно реагировать на меняющиеся погодные условия [2]. Такой перспективной культурой в условиях Астраханской области является сафлор красильный, который с помощью развитой корневой системы способен извлекать воду из глубоких слоев почвы, а благодаря структуре вегетативной массы экономно ее расходовать. Требования к почвам у данной культуры тоже невелики, она может приспособиться практически к любым почвенным условиям, даже к засолению [3]. Сафлор может стать основной масличной культурой для Астраханского региона, так как наиболее традиционные (подсолнечник, рапс и др.) из-за сложных почвенно-климатических условий не произрастают на данной территории.

Н. И. Вавиловым (1987) было установлено, что сафлор красильный возник в третьем очаге происхождения культурных растений – в Индийском, Среднеазиатском и Абиссинском [4]. С глубокой древности сафлор выращивали для получения из цветков красителей, а затем стали использовать масло его семян в пищу. В современном мире сафлор выращивают только для получения масла, которое активно используется в различных сферах производства стран Запада, Индии, США и ряде других.

Масло сафлора по жирно-кислотному составу не уступает подсолнечному и высоко ценится из-за содержания большого количества полиненасыщенных жирных кислот. Оба типа сафлорового масла (мононенасыщенное и полиненасыщенное) считаются высококачественным пищевым маслом. На рынке масел преобладают сорта с высоким содержанием олеиновой кислоты и низким – насыщенными жирными кислотами. Высокоолеиновое сафлоровое масло содержит меньше насыщенных и больше мононенасыщенных жирных кислот, чем оливковое масло [5, 6].

Благодаря высокому содержанию линолевой кислоты, нейтральному вкусу и прият-

ному аромату, а также высокой стабильности масла при повышенной температуре по сравнению с другими масличными делает сафлор весьма перспективным в пищевой промышленности [7]. Вследствие термостабильности его активно используют как кулинарное масло для жарки чипсов, картошки фри и др., а также при приготовлении детского питания. Высокоолеиновое сафлоровое масло также используется в здоровом питании людей в качестве пищевой добавки для снижения уровня жира, плохого холестерина, укрепления здоровья мышц и сердца [8, 9].

В косметических производствах оно используется в качестве ингредиента в мыле, солнцезащитных кремах, лосьонах, средствах и косметике для увлажнения кожи, уменьшения воспаления и ускорения заживления [10, 11].

В лакокрасочной промышленности сафлоровое масло ценится и используется как сушильный агент в красках и лаках, так как оно не желтеет.

Сафлоровый шрот (содержание белка – 24...36 %) можно использовать в качестве белковой добавки в кормах для скота и птицы. Добавление в рацион мелкого рогатого и крупного рогатого скота сафлорового масла способно улучшать состояние тела животных и их продуктивность, повышать выход молока и его качество у лактирующих молочных коров. Зеленую массу сафлора также можно использовать на корм скоту при срезании в фазу «цветение» [12].

По данным ФАО, под посевами сафлора в мире занято порядка 850,4 тыс. га, валовые сборы составляют 631,1 тыс. тонн, а урожайность – 7,4 ц/га. В мире сафлор выращивают небольшое число стран. Первое место по площадям и валовым сборам принадлежит Казахстану, второе – России. Валовой сбор сафлора в Казахстане составляет 36,0 % (от общего объема сборов), в России – 24,0 %. Площади возделывания сафлора в России по сравнению с другими культурами незначительны, порядка 240 тыс. га, и сосредоточены в основном в Волгоградской, Ростовской и Саратовской областях¹. В Астраханской области, несмотря на более стабильные урожаи по сравнению

¹Мировой рынок сафлора: производство и импорт по странам мира. Агровестник. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovosti.net/lib/industries/oilseeds/mirovoj-rynok-saflora-proizvodstvo-i-import-po-stranam-mira.html> (дата обращения: 17.06.2024.)

с яровыми зерновыми культурами, сафлор только начинает набирать популярность. В 2023 году сафлор возделывался в регионе на площади порядка 500 га, в дальнейшем планируется увеличивать посевы для рекультивации неиспользуемых земель².

Создание высокопродуктивных, наиболее адаптированных к условиям произрастания сортов с высоким содержанием масла, дающих стабильные урожаи, является в последние годы наиболее актуальным в селекции сафлора [13, 14]. Новые сорта с различными хозяйственно ценными и биологическими свойствами, которые будут максимально адаптированы к остро-засушливым условиям регионов с часто случающимися засухами, такими как Астраханская область, позволят увеличить производство высококачественных маслосемян сафлора и снизить себестоимость продукции.

Цель исследования – оценить по ряду биометрических и хозяйственно ценных признаков гибриды сафлора красильного, полученные при скрещивании перспективных образцов в почвенно-климатических условиях Северного Прикаспия.

Научная новизна – впервые в аридных условиях Северного Прикаспия проводится скрещивание перспективных высокопродуктивных, адаптированных сортообразцов сафлора красильного и отбор лучших полученных комбинаций гибридов по хозяйственно ценным признакам.

Материал и методы. Полевые исследования выполнены в 2022...2023 гг. на базе ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр» (ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»), расположенного в Черноярском районе Астраханской области.

По климатическим условиям зона характеризуется недостаточным увлажнением со среднегодовым количеством осадков менее 300 мм. Почвы экспериментального участка светло-каштановые с очень низким содержанием гумуса (по Тюрину) – от 0,91 % в слое 0–20 см до 0,84 % в слое 20–40 см. Почвы бедны азотом: содержание нитратного азота не превышает 3,5...5,1 мг/кг (ГОСТ 26951-86³), аммонийного – от 4,85 до 3,80 мг/кг в более нижних слоях (ГОСТ 26489-85⁴). Подвижного фосфора (по Кирсанову) также недостаточно:

от 28,5 мг/кг (0–20 см) до 23,4 мг/кг (20–40 см). В почве много подвижных соединений калия (по Кирсанову), которые достигают в верхних слоях 275,0 мг/кг, в нижних – 238,2 мг/кг.

Материалом для изучения послужили гибриды F₁ сафлора красильного, полученные путем скрещивания перспективных сортообразцов. Предварительно в течение трех лет перспективные родительские формы были подвергнуты самоопылению с помощью изоляторов из нетканного материала, который защищал цветки от насекомых.

В качестве родительских пар для скрещивания нами по результатам многолетних исследований были отобраны из коллекции ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР) 7 образцов сафлора различного эколого-географического происхождения с разными морфологическими признаками и 2 районированных сорта, выведенных в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» – Астраханский 747 (с шипами) и Астраханский 646 (без шипов). Выбранные образцы выделены в результате многолетнего изучения по основным хозяйственно ценным признакам (урожайность, масличность и засухоустойчивость). Скрещивание проводили в 2022 году по двум группам растений: 1-я группа – имеющая шипы (колючие образцы); 2-я – не имеющая шипы (неколючие образцы). Скрещивание проводили методом смыва пыльцы по Т. В. Леус, Е. В. Ведмедевой (2013) [15]. Для более успешного результата цветки опыляли три дня подряд.

В 2023 году полученные при скрещивании семена были посеяны для изучения. Посев в питомнике проводили вручную, на делянках площадью 2 м² широкорядным способом с междурядьями 0,3 м, расстояние между растениями в ряду 0,1 м. Вместе с гибридами F₁ высевали и родительские пары для сравнения по хозяйственно ценным признакам. Закладку полевого опыта, наблюдения и учеты проводили согласно общепринятым методикам⁵. Содержание масла в семенах определяли с помощью ЯМР-анализатора АМВ-1006 М. Для обработки данных использовали вариационно-статистический метод и метод корреляционного анализа с использованием программ Microsoft Excel и STATISTICA 8.0.

²Поля Астраханской области засеют сафлором [Электронный ресурс].

URL: <https://iz.ru/1530065/2023-06-16/polia-astrakhanskoi-oblasti-zaseiut-saflorom> (дата обращения: 23.08.2024.)

³ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. М.: Изд-во стандартов, 1986. 10 с.

URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/d20/4294827592.pdf>

⁴ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1985. 5 с.

URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/09d/4294827940.pdf>

⁵Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. 5-е изд., перераб. и доп. стер. изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.; Классификатор вида *Carthamus tinctorius* L. (Сафлор красильный). Л., 1985. 15 с.

Результаты и их обсуждение. Гибридизация сафлора – сложная и трудоемкая работа, при этом процент завязываемости семян очень низкий [16]. В отечественной и зарубежной литературе встречается немного данных по скрещиванию сортов сафлора в полевых условиях. Одним из успешных примеров гибридизации сафлора является сорт Лидер, полученный Е. В. Картамышевой с соавторами (2019) в результате гибридизации [17].

Б. Арслан и Э. Калпан (B. Arslan и E. Culpan, 2020) проводили опыты по улучшению сорта сафлора путем скрещивания сорта и гено-

типа, в результате которого были получены перспективные образцы с повышенными относительно стандарта содержанием масла и урожайностью [18].

Получение исходного материала для селекции посредством скрещивания перспективных образцов также практиковалось учеными из Казахстана и Украины [15, 19].

В результате проведенной в 2022 году гибридизации перспективных сортообразцов сафлора красильного удалось получить семена только у 9 комбинаций (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты гибридизации перспективных сортообразцов сафлора красильного, шт. (2022 г.) /
Table 1 – The results of hybridization of promising *Carthamus tinctorius* L. varieties, pcs. (2022)

Комбинации родительских пар / Combinations of parental pairs	Количество опыляемых корзинок / Number of pollinated heads	Количество завязавшихся семян / Number of wilted seeds	Среднее количество семян в корзинке / Average number of seeds in a head
Колючие / Prickly			
1. Окер х Астраханский 747 / 'Oker' x 'Astrakhansky 747'	3	54	18,0
2. Астраханский 747 х Талан / 'Astrakhansky 747' x 'Talan'	5	78	15,6
3. Талан х Астраханский 747 / 'Talan' x 'Astrakhansky 747'	3	59	19,7
4. Центр 70 х Астраханский 747 / 'Centre 70' x 'Astrakhansky 747'	2	22	11,0
Неколючие / Non-Spiky			
5. Шахалли-260 х Астраханский 646 / 'Shahalli-260' x 'Astrakhansky 646'	3	62	20,7
6. Астраханский 646 х Цамбули / 'Astrakhansky 646' x 'Tsambuli'	2	29	14,6
7. Цамбули х Астраханский 646 / 'Tsambuli' x 'Astrakhansky 646'	5	70	14,0
8. Ширкас х Цамбули / 'Shirkas' x 'Tsambouli'	2	32	16,0
9. Цамбули х Ширкас / 'Tsambouli' x 'Shirkas'	2	38	19,0

Полученные при скрещивании семена были высеяны в 2023 году 29 марта. Первые всходы отмечены 14...20 апреля, полные – 25...29 апреля, к 30 июля все изучаемые образцы полностью созрели, уборку провели 1 августа. Даты наступления фаз роста и развития у большинства гибридов зафиксированы позже на 3...4 суток, чем у родительских пар. Периоды роста и развития между родителями и гибридами отличались на 1...5 суток, так, период от посева до всходов у родительских пар составил 27...32 суток, у гибридов – 28...32 суток (табл. 2). Вариабельность продолжительности периодов была стабильно низкой ($CV < 10\%$). Вегетационный период в силу складывающихся погодных условий продлился у всех образцов и составил в среднем 104...110 суток.

Оценка биометрических показателей колючих гибридов F_1 показала, что они не отличались по высоте растений от родительских пар (табл. 3) ($CV = 8,2\%$). При этом расстояние до первой ветви у гибридных растений было меньше, чем у родительских пар на 2...27 см ($CV = 20,7\%$). Минимальные значения данного признака были отмечены у гибридов 3/22 (Талан х Астраханский 747) и 4/22 (Центр 70 х Астраханский 747) – 0,21...0,27 м.

Гибриды 3/22 (Талан х Астраханский 747) и 4/22 (Центр 70 х Астраханский 747) превосходили родителей и по количеству продуктивных ветвей на одном растении в среднем на 1,0...3,0 шт.

Таблица 2 – Продолжительность фенологических периодов у сортов и гибридов F₁ сафлора красильного, сутки (2023 г.) /
Table 2 – Duration of phenological periods in F₁ varieties and hybrids of *Carthamus tinctorius* L., day (2023)

Наименование / Name	Посев- всходы / Sowing- Sprouting	Всходы- стеблевание / Sprouting- stemming	Всходы- бутонизация / Sprouting- budding	Всходы- цветение / Sprouting- flowering	Всходы-плодо- образование / Sprouting-fruit formation	Всходы- созревание / Sprouting- maturation	Стеблевание- созревание / Stemming- maturing	Цветение- созревание / Flowering- ripening
Родители / Parents								
Астраханский 747 / 'Astrakhansky 747'	28	29	45	57	77	97	69	41
'Oker'	28	29	45	57	77	97	69	41
Талан / 'Talan'	27	29	46	58	78	98	70	41
Центр 70 / 'Centre 70'	27	29	46	58	78	98	70	41
Астраханский 646 / 'Astrakhansky 646'	28	30	45	57	77	97	68	41
Шахалли-260 / 'Shahalli-260'	28	30	45	57	77	97	68	41
Цамбули / 'Tsambouli'	32	29	44	56	76	93	64	38
Ширкас / 'Shirkas'	28	30	45	57	77	97	68	41
Среднее / Average	28,3	29,4	45,1	57,1	77,1	96,8	68,3	40,6
SD	1,6	0,5	0,6	0,6	0,6	1,6	1,9	1,1
CV, %	5,6	1,8	1,4	1,1	0,8	1,6	2,8	2,6
Гибриды / Hybrids								
1/22 ('Oker' x 'Astrakhansky 747')	32	29	44	56	76	93	64	38
2/22 ('Astrakhansky 747' x 'Talan')	28	29	45	57	77	97	69	41
3/22 ('Talan' x 'Astrakhansky 747')	32	29	44	56	76	93	64	38
4/22 ('Centre 70' x 'Astrakhansky 747')	32	29	44	56	76	93	64	38
5/22 ('Shahalli-260' x 'Astrakhansky 646')	32	29	44	56	76	93	64	38
6/22 ('Astrakhansky 646' x 'Tsambouli')	32	29	44	56	76	93	64	38
7/22 ('Tsambouli' x 'Astrakhansky 646')	32	29	44	56	76	93	64	38
8/22 ('Shirkas' x 'Tsambouli')	32	29	44	56	76	93	64	38
9/22 ('Tsambouli' x 'Shirkas')	32	28	44	56	76	93	64	38
Среднее / Average	31,6	28,9	44,1	56,1	76,1	93,4	64,6	38,3
SD	1,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,3	1,7	1,0
CV, %	4,2	1,2	0,8	0,6	0,4	1,4	2,6	2,6

Таблица 3 – Биометрические показатели и семенная продуктивность родительских пар и гибридов F₁ сафлора красильного (колючие формы), (2023 г.) /
Table 3 – Biometric parameters and seed productivity of parental pairs and F₁ hybrids of *Carthamus tinctorius* L. (spiny forms) (2023)

Показатель / Indicator	Родители / Parents								Гибриды F ₁ / Hybrids F ₁						
	Астраханский 747 / Astrakhan'skiy 747	'Okra'	Talan / 'Talan'	Центр 70 / 'Centre 70'	среднее / average	SD	CV, %		1/22	2/22	3/22	4/22	среднее / average	SD	CV, %
Опушенность листьев / Leaf pubescence	+	+	+	+					+	+	+	+			
Высота растений, м / Plant height, m	0,64	0,76	0,75	0,86	0,80	0,1	12,0		0,73	0,75	0,71	0,62	0,70	0,1	8,2
Кол-во продуктивных ветвей, шт. / Number of productive branches, pcs.	4	6	5	5	5,0	0,8	16,3		6	5	7	6	6,0	0,8	13,6
Расстояние до первой ветви, м / Distance to the first branch, m	0,28	0,37	0,48	0,42	0,40	0,1	21,8		0,30	0,35	0,21	0,27	0,30	0,1	20,7
Кол-во корзинок на 1 раст., шт. / Number of heads per 1 plant, pcs.	4	6	5	5	5,0	0,8	16,3		8	5	10	17	10,0	5,1	51,0
Диаметр корзинок, см / Diameter of heads , cm	2,4	1,8	2,3	1,8	2,1	0,3	15,4		2,0	2,2	2,3	1,6	2,0	0,3	15,3
Кол-во выполненных семян в 1 корзинке, шт. / Number of executed seeds in 1 head, pcs.	14	21	26	8	17,3	7,9	45,7		20	18	34	13	21,3	9,0	42,3
Масса семян с 1 корзинки, г / Seed weight per 1 head, g	0,84	0,73	0,87	0,29	0,70	0,3	39,3		0,73	0,62	1,05	0,63	0,80	0,2	26,6
Кол-во семян с 1 раст., шт. / Number of seeds from 1 plant, pcs.	46	119	128	38	82,8	47,3	57,2		150	78	344	210	195,5	112,8	57,7
Масса семян с 1 раст., г / Seed weight per 1 plant, g	2,81	4,36	4,05	1,44	3,20	1,3	42,0		5,56	2,7	10,52	10,09	7,2	3,8	52,0
Масса семян с 1 м ² , г / Seed weight per 1 m ² , g	37,5	36,0	29,0	19,5	30,5	8,2	26,9		55,7	20,0	36,7	49,0	40,4	15,7	38,9
Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	51,2	35,2	29,9	32,9	37,3	9,5	25,5		37,4	34,4	26,5	48,5	36,7	9,1	24,8
Урожайность, т/га / Yield, tonnes/ha	0,38	0,36	0,29	0,20	0,30	0,1	26,5		0,56	0,20	0,37	0,49	0,40	0,2	38,9
Масличность, % / Oil content, %	28,5	30,1	27,7	21,4	26,9	3,8	14,2		32,5	25,0	33,4	28,0	29,7	3,9	13,2

Таблица 4 – Биометрические показатели и семенная продуктивность родительских пар (исключая формы) и гибридов F₁ сафлора красильного (2023 г.) /
Table 4 – Biometric parameters and seed production of parental pairs (non-spiny forms) and F₁ hybrids of *Carthamus tinctorius* L. (2023)

Показатель / Indicator	Родители / Parents								Гибриды F ₁ / Hybrids F ₁							
	Астраханский 646 / 'Astrakhsan'skiy 646'	Шахали-260 / 'Shahali-260'	Цамбул / 'Tsambul'	Шипкас / 'Shipkas'	среднее / average	SD	CV, %		5/22	6/22	7/22	8/22	9/22	среднее / average	SD	CV, %
Опушенность листьев / Leaf pubescence	-	-	-	-					-	+	-	+	-			
Высота растений, м / Plant height, m	0,64	0,80	0,81	0,69	0,70	0,1	11,4	0,78	0,66	0,76	0,74	0,65	0,64	0,70	0,1	8,6
Кол-во продуктивных ветвей, шт. / Number of productive branches, pcs.	6	5	6	5	5,5	0,6	10,5	8	7	7	6	10	6	8,5	2,6	30,2
Расстояние до первой ветви, м / Distance to the first branch, m	0,38	0,50	0,50	0,44	0,50	0,1	12,6	0,36	0,36	0,43	0,42	0,22	0,27	0,30	0,1	34,1
Кол-во корзинок на 1 раст., шт. / Number of heads per 1 plant, pcs.	6	5	8	6	6,3	1,3	20,1	10	8	7	10	26	9	13,4	6,9	51,8
Диаметр корзинок, см / Diameter of heads, cm	2,1	2,0	2,1	1,9	2,0	0,1	4,7	2,1	2,0	2,5	2,0	1,7	2,0	2,1	0,3	14,9
Кол-во выполненных семян в 1 корзинке, шт. / Number of executed seeds in 1 head, pcs.	23	16	19	18	19,0	2,9	15,5	25	25	13	20	17	19	19,3	5,0	26,2
Масса семян с 1 корзинки, г / Seed weight per 1 head, g	1,24	0,49	0,92	0,76	0,90	0,3	36,8	1,17	1,18	0,60	0,84	1,83	1,30	1,10	0,4	38,2
Кол-во семян с 1 раст., шт. / Number of seeds from 1 plant, pcs.	147	50	141	107	111,3	44,5	40,0	249	179	97	490	364	157	238,3	128,2	53,8
Масса семян с 1 раст., г / Seed weight per 1 plant, g	7,87	1,63	6,74	4,54	5,20	2,7	52,9	11,71	9,46	4,40	7,55	38,73	10,81	14,60	11,5	79,3
Масса семян с 1 м ² , г / Seed weight per 1 m ² , g	16,4	13,0	48,5	36,0	28,5	16,8	58,9	85,3	80,7	112,0	29,0	65,6	89,3	79,9	27,2	34,0
Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	38,4	38,1	57,5	49,9	46,0	9,4	20,5	43,5	50,7	54,1	44,6	44,4	64,5	50,8	6,9	13,6
Урожайность, т/га / Yield, tonnes/ha	0,16	0,13	0,49	0,36	0,30	0,2	59,9	0,85	0,81	1,22	0,66	0,66	1,12	0,80	0,3	35,7
Маслищность, % / Oil content, %	25,9	25,9	28,2	25,9	26,5	1,2	4,3	30,7	31,9	29,5	29,2	30,1	31,1	30,1	1,1	3,7

У гибридов на одном растении формировалось большее количество корзинок. Так, у гибрида 4/22 (Центр 70 х Астраханский 747) сформировалось 17 корзинок, в то время как у родителей Центр 70 и Астраханский 747 – 4...5 корзинок. У гибрида 3/22 (Талан х Астраханский 747) формировалось 10 корзинок, у гибрида 1/22 (Окег х Астраханский 747) – 8 корзинок, что на 5...6 и 2...4 шт. соответственно больше, чем у родителей.

По диаметру корзинок гибриды не превосходили родительские формы, а вариабельность данного признака составила 15,3 %.

По количеству выполненных семян в одной корзинке и их массе родительские формы превосходили только гибрид 3/22 (Талан х Астраханский 747) – 34 шт. и 1,05 г, у родителей данные показатели не превышали 26 и 14 шт. и 0,87 и 0,84 г соответственно. По количеству семян с одного растения и их массе все гибриды превосходили своих родителей, за исключением гибрида 2/22 (Астраханский 747 х Талан). Наибольшие показатели по данным признакам были отмечены у гибрида 3/22 (Талан х Астраханский 747) – 344 шт. и 10,52 г.

Наибольшей массой семян с 1 м² (55,7 и 49,0 г) и урожайностью (0,56 и 0,49 т/га) отличались гибриды 1/22 (Окег х Астраханский 747) и 4/22 (Центр 70 х Астраханский 747) соответственно, но при этом по признаку «масса 1000 семян» ни один гибрид не превзошёл сорт Астраханский 747.

У гибридов, полученных от неколючих родительских форм, наблюдали расщепление на колючие и неколючие. Колючие формы были получены у гибридов 5/22 (Шахалли-260 х Астраханский 646), 6/22 (Астраханский 646 х Цамбули) и 8/22 (Ширкас х Цамбули).

По высоте растений так же, как и у гибридов колючих форм, различия не наблюдались, вариабельность признака низкая – 8,6 % (табл. 4).

По признаку «количество продуктивных ветвей» все гибриды, за исключением 6/22 (Астраханский 646 х Цамбули), превышали показатели родительских пар от 1...2 до 5...7 шт./раст., максимальный показатель отмечен у гибрида 7/22 (Цамбули х Астраханский 646) – 13 шт. Минимальными значениями признака «расстояние до первой ветви» выделились гибриды 7/22 (Цамбули х Астраханский 646), 8/22 (Ширкас х Цамбули) колючей и неколючей формы, а также гибрид 9/22 (Цамбули х Ширкас).

По количеству корзинок все гибриды превосходили родительские пары, за исключением колючей формы 6/22 (Астраханский 646 х

Цамбули). Максимальные показатели отмечены у колючей формы гибрида 8/22 (Ширкас х Цамбули) – 26,0 шт. и гибрида 7/22 (Цамбули х Астраханский 646) – 21,0 шт. По диаметру корзинок превосходили родительские пары только гибриды 7/22 (Цамбули х Астраханский 646) и колючая форма 6/22 (Астраханский 646 х Цамбули) – 2,5 см. Вариабельность данного признака низкая – 4,7 % у родительских форм, 14,9 % – у гибридов.

По количеству семян в корзинке выделился только гибрид 5/22 (Шахалли-260 х Астраханский 646) как колючей, так и неколючей форм – 25,0 шт.

Высокой массой семян с одной корзинки отличились гибриды 8/22 (Ширкас х Цамбули) (колючая форма) и 9/22 (Цамбули х Ширкас) – 1,83 и 1,30 г соответственно.

Количество семян с одного растения у всех гибридов было больше, чем у родителей, за исключением колючей формы гибрида 6/22 (Астраханский 646 х Цамбули). При этом максимальные значения отмечены у 7/22 (Цамбули х Астраханский 646) – 490 шт. Наибольшие показатели признака «масса семян с одного растения» получены у гибрида 8/22 (Ширкас х Цамбули) (колючая форма) – 38,73 г и у гибрида 7/22 (Цамбули х Астраханский 646) – 25,20 г.

По признаку «масса 1000 семян» выделились колючая (43,5 г) и неколючая (50,7 г) формы гибрида 5/22 (Шахалли-260 х Астраханский 646), что выше значений родительской пары на 5,1...12,6 г, а также гибрид 9/22 (Цамбули х Ширкас) – 64,5 г, что выше исходных родительских пар на 7,0...14,6 г (CV = 13,6 %).

Урожайность гибридов превосходила родительские пары, за исключением гибрида 6/22 (Астраханский 646 х Цамбули). Наибольшие показатели отмечены у колючей формы гибрида 6/22 (Астраханский 646 х Цамбули) – 1,22 т/га и неколючей формы гибрида 8/22 (Ширкас х Цамбули) – 1,12 т/га.

Признаки – «количество корзинок», «количество выполненных семян», «масса семян с одного растения», «масса семян с 1 м²», «урожайность» – отличались высокой вариабельностью у обеих групп гибридов.

Анализ на масличность изучаемых образцов показал, что большинство гибридов превосходили родителей по данному признаку. У гибридов из группы, имеющей шипы, масличность составила от 25,0 до 33,4 % (CV = 13,2 %), у родителей она изменялась от 21,4 до 30,1 % (CV = 14,2 %).

Таблица 5 – Результаты корреляционного анализа биометрических и семенных показателей родителей и гибридов F₁ сафлора красильного (колючие формы) /
Table 5 – Results of correlation analysis of biometric and seed parameters of parents and F₁ hybrids of *Carthamus tinctorius* L. (spiny forms)

Показатель / Indicator	Высота растений / Plant height,	Кол-во продуктивных ветвей / Number of productive branches	Расстояние до первой ветви / Distance to the first branch	Кол-во корзинки на 1 растении / Number of heads per 1 plant	Диаметр корзинки / Diameter of heads	Кол-во выполненных семян в 1 корзинке / Number of executed seeds in 1 head	Масса семян с 1 корзинки / Seed weight per 1 head	Кол-во семян с 1 корзинки / Number of seeds from 1 plant	Масса семян с 1 м² / Seed weight per 1 m²	Масса 1000 семян / Weight of 1000 seeds	Урожайность / Yield	Масличность / Oil content
	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents	Родители / Parents
Высота растений / Plant height	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Кол-во продуктивных ветвей / Number of productive branches	0,54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Расстояние до первой ветви / Distance to the first branch	0,67	0,43	1,00	0,43	1,00	0,43	1,00	0,43	1,00	0,43	1,00	0,43
Кол-во корзинки на 1 растении / Number of heads per 1 plant	0,54	1,00*	0,43	0,43	1,00	0,43	1,00	0,43	1,00	0,43	1,00	0,43
Диаметр корзинки / Diameter of heads	-0,80	-0,77	-0,22	-0,77	1,00	-0,77	1,00	-0,77	1,00	-0,77	1,00	-0,77
Кол-во выполненных семян в 1 корзинке / Number of executed seeds in 1 head	-0,29	0,36	0,40	0,36	0,32	1,00	0,32	1,00	0,32	1,00	0,32	1,00
Масса семян с 1 корзинки / Seed weight per 1 head	-0,83	-0,17	-0,19	-0,17	0,73	0,78	0,73	0,78	0,73	0,78	0,73	0,78
Кол-во семян с 1 растения / Number of seeds per 1 plant	-0,04	0,63	0,50	0,63	0,01	0,95*	0,01	0,95*	0,01	0,95*	0,01	0,95*
Масса семян с 1 растения / Seed weight per 1 plant	-0,39	0,48	0,13	0,48	0,18	0,93	0,18	0,93	0,18	0,93	0,18	0,93
Масса семян с 1 м² / Seed weight per 1 m²	-0,87	-0,07	-0,64	-0,07	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Масса 1000 семян / Weight of 1000 seeds	-0,79	-0,69	-0,95	-0,69	0,51	-0,34	0,51	-0,34	0,51	-0,34	0,51	-0,34
Урожайность / Yield	-0,88	-0,10	-0,67	-0,10	0,44	0,42	0,44	0,42	0,44	0,42	0,44	0,42
Масличность / Oil content	-0,73	0,17	-0,34	0,17	0,36	0,72	0,36	0,72	0,36	0,72	0,36	0,72
Гибриды F1 / F1 hybrids												
Высота растений / Plant height	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Кол-во продуктивных ветвей / Number of productive branches	-0,28	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Расстояние до первой ветви / Distance to the first branch	0,41	-0,98*	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Кол-во корзинки на 1 растении / Number of heads per 1 plant	-0,99*	0,40	-0,51	-0,51	1,00	-0,51	1,00	-0,51	1,00	-0,51	1,00	-0,51
Диаметр корзинки / Diameter of heads	0,84	0,13	-0,06	-0,06	1,00	-0,06	1,00	-0,06	1,00	-0,06	1,00	-0,06
Кол-во выполненных семян в 1 корзинке / Number of executed seeds in 1 head	0,38	0,73	-0,67	-0,67	0,78	1,00	0,78	1,00	0,78	1,00	0,78	1,00
Масса семян с 1 корзинки / Seed weight per 1 head	0,16	0,87	-0,83	-0,83	0,60	0,97*	0,60	0,97*	0,60	0,97*	0,60	0,97*
Кол-во семян с 1 растения / of seeds from 1 plant	-0,36	0,96*	-0,99*	-0,99*	0,45	0,73	0,45	0,73	0,45	0,73	0,45	0,73
Масса семян с 1 растения / Seed weight per 1 plant	-0,73	0,85	-0,92	-0,92	0,80	0,35	0,80	0,35	0,80	0,35	0,80	0,35
Масса семян с 1 м² / Seed weight per 1 m²	-0,48	0,43	-0,34	-0,34	0,55	-0,17	0,55	-0,17	0,55	-0,17	0,55	-0,17
Масса 1000 семян / Weight of 1000 seeds	-0,73	-0,35	0,28	0,28	0,67	-0,90	0,67	-0,90	0,67	-0,90	0,67	-0,90
Урожайность / Yield	-0,47	0,44	-0,35	-0,35	0,54	-0,16	0,54	-0,16	0,54	-0,16	0,54	-0,16
Масличность / Oil content	0,03	0,87	-0,75	-0,75	0,10	0,69	0,10	0,69	0,10	0,69	0,10	0,69

* Корреляция значима при $P \leq 0,05$ / * Correlation is significant at $P \leq 0.05$

[illegible]

827

У гибридов, полученных от скрещивания неколючих образцов, масличность была ниже, чем у колючих и колебалась от 28,6 до 31,9 %, при этом вариабельность признака у данной группы не превышала 3,7 %. У родительских пар данной группы масличность составила 21,4...30,1 % (CV = 4,3 %).

Проведенный корреляционный анализ значений признаков родителей и полученных от их скрещивания гибридов в группе колючих форм показал, что значимые на 5%-ом уровне корреляции у родителей отмечены между признаками «количество продуктивных ветвей» и «количество корзинок на одном растении» ($r = 1,0$), «количество выполненных семян в одной корзинке» и «количество семян с одного растения» ($r = 0,95$), «масса семян с 1 м²» и «урожайность» ($r = 1,0$) (табл. 5). Все взаимосвязи положительные и сильные. У гибридов значимые положительные связи выявлены между признаками: «количество продуктивных ветвей» и «количество семян с одного растения», «количество выполненных семян в одной корзинке» и «масса семян в одной корзинке», «масса семян с 1 м²» и «урожайность» ($r = 0,96...1,0$). У гибридов отмечались и значимые отрицательные связи – между показателями «высота растений» и «количество корзинок на одном растении» ($r = -0,99$), «количество продуктивных ветвей» и «расстояние до первой ветви» ($r = -0,98$), «расстояние до первой ветви» и «количество семян с одного растения» ($r = -0,99$), «диаметр корзинок» и «масса 1000 семян» ($r = -0,97$).

В группе неколючих форм значимые на 5%-ом уровне корреляции у родителей отмечались между показателями «высота растений» и «расстояние до первой ветви» ($r = 0,98$), «количество выполненных семян в одной корзинке» и «масса семян с одной корзинки» ($r = 0,99$), «масса семян с одной корзинки» и «масса семян с одного растения» ($r = 0,96$), «количество семян с одного растения» и «масса семян с одного растения» ($r = 0,99$), «масса семян с 1 м²», «масса 1000 семян» и «урожайность» ($r = 1,0$) (табл. 6).

У гибридов неколючей формы корреляционный анализ показал значимые на 5%-ом уровне положительные связи между показателями «количество продуктивных ветвей» и «количество семян с одного растения» ($r = 0,80$), «количество корзинок на одном растении» и «количество и масса семян с одного растения» ($r = 0,82...0,92$), «масса семян с одной корзинки» и «масса семян с одного растения» ($r = 0,81$), «количество семян с одного растения» и «масса семян с одного растения» ($r = 0,81$), «масса семян с 1 м²» и «урожайность» ($r = 0,99$), также были отмечены и значимые отрицательные корреляционные связи между признаками «количество продуктивных ветвей» и «расстояние до первой ветви» ($r = -0,81$), «расстояние до первой ветви» и «количество корзинок на одном растении» ($r = -0,77$).

Выводы. Наиболее желательными при селекции сафлора красильного являются сорта, имеющие высокую урожайность и масличность, дружное созревание, не осыпающиеся при механизированной уборке и ряд других хозяйственно ценных признаков. В условиях Астраханской области важную роль играет адаптивность растений к сложным почвенно-климатическим условиям.

Полученные экспериментальные данные 2023 года по изучению гибридов F₁ сафлора красильного позволили выделить из колючих форм по урожайности (0,49...1,22 т/га) и масличности (28,0...32,5 %) гибриды 1/22 (Окег х Астраханский 747), 4/22 (Центр 70 х Астраханский 747), 8/22 (Ширкас х Цамбули), 6/22 (Астраханский 646 х Цамбули) и 5/22 (Шахалли-260 х Астраханский 646); из неколючих форм (0,66...1,12 т/га и 28,6...31,1 % соответственно) – 5/22 (Шахалли-260 х Астраханский 646), 7/22 (Цамбули х Астраханский 646), 8/22 (Ширкас х Цамбули), 9/22 (Цамбули х Ширкас).

Проведенный корреляционный анализ полученных данных показал значимые на 5%-ом уровне прямые и обратные зависимости элементов продуктивности гибридных растений.

Список литературы

1. Зайцева Н. А., Климова И. И. Оценка сортообразцов сафлора на продуктивность и качество в аридных условиях Северного Прикаспия. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(5):785–791. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.785-791> EDN: ELFXNZ
2. Зайцева Н. А., Ячменёва Е. В., Климова И. И. Селекционная ценность сафлора красильного в аридных условиях Северного Прикаспия. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022;17(4):466–472. DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-4-466-472> EDN: UTHUVI
3. Зайцев С. В., Морозов Д. Е. Оценка на засухоустойчивость перспективных сортообразцов сафлора красильного. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2023;58(4):51–55. DOI: <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2023-58-4-51-55> EDN: EWHKQF
4. Вавилов Н. И. Происхождение и география культурных растений. Л.: Наука, 1987. С. 303, 307, 314.

5. Зубков В. В., Полушкин П. В., Прахова Т. Я., Терентьев О. В. Возделывание перспективных масличных культур озимого рыжика и сафлора красильного: практические рекомендации. Самара, 2012. 36 с.
6. Прахова Т. Я., Кшникаткина А. Н., Щанин А. А. Урожайные свойства и адаптивность сортов сафлора в условиях лесостепи Среднего Поволжья. *Нива Поволжья*. 2020;2(55):46–51. DOI: <https://doi.org/10.36461/NP.2020.2.55.008> EDN: ELSSIJ
7. Зубков В. В., Милёхин А. В., Куркин В. А., Харисова А. В., Платонов И. А., Павлова Л. В. Перспективы использования масла семян сафлора красильного в пищевой и фармацевтической промышленности. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014;16(5-3):1135–1139. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23274427> EDN: TPIEGR
8. Jabeen N., Ahmad R. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013;93(7):1699–1705. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5953>
9. Zhou X., Tang L., Xu Y., Zhou G., Wang Z. Towards a better understanding of medicinal uses of *Carthamus tinctorius* L. in traditional Chinese medicine: a phytochemical and pharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*. 2014;151(1):27–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.10.050>
10. Yang J., Cui Y. Research on traditional dye safflower cake and its production technology. *Journal of Silk*. 2017;54:73–80. DOI: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-7003.2017.12.013>
11. Харисова А. В. Перспективы использования сафлора красильного в медицине и фармации. *Фундаментальные исследования*. 2013;(10-1):154–157. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20192219> EDN: QZWNMB
12. Bergman J., Kandel H. Safflower Production. A870. North Dakota State University Fargo, North Dakota, 2019. URL: <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-07/a870.pdf>
13. Pooran G., Somayeh K. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Breeding. In book: *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops*. 2019;6:537–575. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_14
14. Абаев С. С., Гацке Л. Н., Мейрман Ф. Т., Ержанова С. Т., Каскабаев Н. Б., Медеубеков Д. К. Сортообразцы сафлора и их оценка в селекции на продуктивность и качество в условиях юго-востока Казахстана. *Известия НЭТИЖЕЛЕР*. 2024;2-1(special):128–136. DOI: <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/547> EDN: IDPTSH
15. Леус Т. В., Ведмедева Е. В. Способ скрещивания сафлора красильного методом смыва пыльцы. *Научно-технический бюллетень Института олійних культур НААН*. 2013;(19):13–17. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35040961> EDN: XPLLYD
16. Deepayan R., Babita K. Safflower: In book: *Hybrid seed production: principles and procedures*. Jaya Publishing House, Delhi, India, 2023. pp.89–95.
17. Картамышева Е. В., Лучкина Т. Н., Збраилова Л. П. Сорт сафлора красильного Лидер. *Масличные культуры*. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2019;(4(180)):193–197. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-4-180-193-197> EDN: UOJQUY
18. Arslan B., Culpan E. Melezleme ile Geliştirilmiş Bazı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Genotiplerinin Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*. 2020;30(4):742–750. DOI: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.703793>
19. Мархабаева А. Е., Оразбаев С. А. Оценка исходного материала для создания отечественных сортов сафлора. *Известия Национальной академии наук Республики Казахстан*. 2014;(3):31–35. Режим доступа: <http://nbilib.library.kz/elib/Journal/Arpap.№3/A.E.Мархабаева,%20С.А.Оразбаев.pdf>

References

1. Zaitseva N. A., Klimova I. I. Evaluation of safflower varieties for productivity and quality in the arid conditions of the Northern Caspian region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023;24(5):785–791. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.785-791>
2. Zaitseva N. A., Yachmeneva E. V., Klimova I. I. Breeding value of safflower in arid conditions of the Northern Caspian. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* = *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(4):466–472. DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-4-466-472>
3. Zaytsev S. V., Morozov D. E. Assessment of drought resistance of promising safflower varieties. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa* = *Theoretical & Applied Problems of Agro-industry-problems of Agro-industry*. 2023;58(4):51–55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2023-58-4-51-55>
4. Vavilov N. I. The origin and geography of cultivated plants. Leningrad: *Nauka*, 1987. pp. 303, 307, 314.
5. Zubkov V. V., Polushkin P. V., Prakhova T. Ya., Terentev O. V. Cultivation of promising oilseed crops of winter ginger and *Carthamus tinctorius* L.: practical recommendations. Samara, 2012. 36 p.
6. Prakhova T. Ya., Kshnikatkina A. N., Shchanin A. A. Yield properties and adaptability of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties in the conditions of forest-steppe of the Middle Volga region. *Niva Povolzh'ya* = *Volga Region Farmland*. 2020;2(55):46–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36461/NP.2020.2.55.008>
7. Zubkov V. V., Milekhin A. V., Kurkin V. A., Kharisova A. V., Platonov I. A., Pavlova L. V. Prospects of safflower seeds oil in food and pharmaceutical industry. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* = *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014;16(5-3):1135–1139. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23274427>

8. Jabeen N., Ahmad R. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013;93(7):1699–1705. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5953>
9. Zhou X., Tang L., Xu Y., Zhou G., Wang Z. Towards a better understanding of medicinal uses of *Carthamus tinctorius* L. in traditional Chinese medicine: a phytochemical and pharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*. 2014;151(1):27–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.10.050>
10. Yang J., Cui Y. Research on traditional dye safflower cake and its production technology. *Journal of Silk*. 2017;54:73–80. DOI: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-7003.2017.12.013>
11. Kharisova A. V. The perspectives of the using of safflower in medicine and pharmacy. *Fundamental'nye issledovaniya* = Fundamental research. 2013;(10-1):154–157. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20192219>
12. Bergman J., Kandel H. Safflower Production. A870. North Dakota State University Fargo, North Dakota, 2019. URL: <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-07/a870.pdf>
13. Pooran G., Somayeh K. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Breeding. In book: *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops*. 2019;6:537–575. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_14
14. Abaev S. S., Gatske L. N., Meyirman F. T., Erzhanova S. T., Kaskabaev N. B., Medeubekov D. K. Safflower cultivars and their evaluation in breeding for productivity and quality in the conditions of south-east Kazakhstan. *Izdenister, Nətizheler* = Research, Results. 2024;2-1(special):128–136. (In Kazakhstan). DOI: <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/547>
15. Leus T. V., Vedmedeva E. V. The method of safflower hybridization by washing pollen off. *Naukovo-tekhničniy byulleten' Institutu oliynikh kul'tur NAAN*. 2013;(19):13–17. (In Ukraine). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35040961>
16. Deepayan R., Babita K. Safflower: In book: *Hybrid seed production: principles and procedures*. Jaya Publishing House, Delhi, India, 2023. pp.89–95.
17. Kartamysheva E. V., Luchkina T. N., Zbrailova L. P. A variety of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Leader. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskiiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2019;(4(180)):193–197. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-4-180-193-197>
18. Arslan B., Culpan E. Melezleme ile Geliştirilmiş Bazı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Genotiplerinin Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*. 2020;30(4):742–750. DOI: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.703793>
19. Markhabaeva A. E., Orazbaev S. A. Evaluation starting material to create a domestic varieties of safflower. *Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Respubliki Kazakhstan*. 2014;(3):31–35. (In Kazakhstan). URL: <http://nbilib.library.kz/elib/Journal/Arpap.№3/A.E.Мархабаева,%20С.А.Оразбаев.pdf>

Сведения об авторах

✉ **Зайцева Надежда Александровна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией селекции сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», ул. квартал Северный, д. 8, с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация, 416251, e-mail: pniaz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8227-398X>, e-mail: rexham@ramber.ru

Зайцев Сергей Викторович, младший научный сотрудник лаборатории селекции сельскохозяйственных культур, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», ул. квартал Северный, д. 8, с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация, 416251, e-mail: pniaz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7155-0005>

Information about the authors

✉ **Nadezhda A. Zaitseva**, PhD in Agriculture, senior researcher, Head of the Laboratory for selection of agricultural crops, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, st. Severny kvartal, 8, Salty Zaymishche, Astrakhan region, Russian Federation, 416251, e-mail: pniaz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8227-398X>, e-mail: rexham@ramber.ru

Sergey V. Zaitsev, junior researcher, the Laboratory for selection of agricultural crops, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, st. Severny kvartal, 8, Salty Zaymishche, Astrakhan region, Russian Federation, 416251, e-mail: pniaz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7155-0005>

✉ – Для контактов / Corresponding author