

На правах рукописи



РУБАНОВА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА

**СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
РЕПРОДУКТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ У ГИБРИДОВ И ЛИНИЙ
ПОДСОЛНЕЧНИКА**

Специальность 06.01.05 – Селекция и семеноводство
сельскохозяйственных растений

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Краснодар 2021

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК) в 2017-2020 гг.

Научный руководитель: **Демури Яков Николаевич**,
доктор биологических наук, профессор, главный
научный сотрудник, заведующий отделом
биологических исследований ФГБНУ ФНЦ
ВНИИМК

Официальные оппоненты: **Щеглов Сергей Николаевич**,
доктор биологических наук, доцент, профессор
кафедры генетики, микробиологии и
биотехнологии ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный университет»

Остапенко Надежда Васильевна,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий
научный сотрудник отдела селекции ФГБНУ
«ФНЦ риса»

Ведущая организация: **ФГБНУ «Национальный центр зерна
им. П.П. Лукьяненко»**

Защита состоится 28.09.2021 г. в 10-00 час. на заседании
диссертационного совета Д 006.026.01, созданного на базе ФГБНУ
«Федеральный научный центр риса», по адресу: 350921, г. Краснодар, пос.
Белозерный, 3 (актовый зал), тел. (факс): 8(861) 205-15-55, 229-41-49. E-mail:
agri_kub@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ
«Федеральный научный центр риса», а также на сайте – <http://vniirice.ru>, с
авторефератом на сайтах ВАК РФ – <http://vak.ed.gov.ru> и ФГБНУ
«Федеральный научный центр риса» – <http://vniirice.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Л. В. Есаулова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В России подсолнечник однолетний является главной масличной культурой, площадь посева которой составляет около 8,5 млн. га. Завязываемость семян – ценный комплексный селекционный признак, который является одним из определяющих факторов в реализации потенциальной продуктивности растений подсолнечника. Высокий уровень значений этого признака, т.е. большая доля нормально созревших семян по отношению к числу трубчатых цветков, приводит к формированию хорошо выполненной корзинки и, следовательно, повышению урожайности. Изучение завязываемости семян у нового селекционного материала подсолнечника представляется важным направлением в разработке биологических основ селекции на повышение урожайности.

Степень разработанности темы. Завязываемость семян, особенно при самоопылении, является сложным признаком полигенной природы (Soare, Vranceanu, 1996). Автофертильность гибридов составляет 43, самоопыленных линий – 37 и сортов-популяций – 7 % (Бочковой, Камардин, 2020). Мужская фертильность подсолнечника относится к селекционным признакам, значение которой в норме достигает 90-100 % (Воронова, Гаврилова, 2019). Снижение фертильности пыльцы может привести к уменьшению потенциальной семенной продуктивности растений (Круглова, 2001; Батыгина, Васильева, 2002; Круглова, 2011).

Длина венчика трубчатого цветка подсолнечника коэволюционно связана с длиной пчелиного хоботка (Cariveau, Nayak, Bartomeus, 2016). Существует высокая отрицательная корреляция между признаками длины венчика и пчелопосещаемости у подсолнечника (Bailez, Bedascarrasbure, 1988). Генотипы подсолнечника, имеющие размер трубчатых цветков от 8 до 10 мм, были более привлекательны для опылителей, чем генотипы с длиной венчика превышающую 10 мм (Sammataro, Erickson, Garment, 1983). Низкий процент завязываемости семян подсолнечника при самоопылении и выделение цветками большого количества нектара говорят о филогенетической адаптации к перекрёстному опылению насекомыми (Corbet, 1978).

На участках гибридизации и размножения материнских линий подсолнечника насекомые-опылители необходимы, т.к. происходит перенос пыльцы от фертильной формы к стерильной (Dimitrov, Dimitrova, Piskov, 1994; Greenleaf, Kremen, 2006; Klein, Vaissiere, Cane, 2007).

Цель и задачи исследований. Цель работы: изучить репродуктивные признаки современных линий и гибридов подсолнечника для научного обеспечения его селекции на повышение урожайности.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

1. Оценить пределы изменчивости завязываемости семян, фертильности пыльцы и содержания нектара у новых селекционных генотипов;

2. Провести гибридологический анализ морфологических признаков аттрактивности к опылителям;

3. Определить пчёлопосещаемость растений на селекционных и семеноводческих участках экспериментальной сети ВНИИМК.

Основные положения, выносимые на защиту:

Генотипические различия в завязываемости семян при свободном цветении и самоопылении, количеству и качеству нектара у линий и гибридов подсолнечника.

Особенности наследования морфологических признаков трубчатых цветков в скрещиваниях линий генетической коллекции подсолнечника с контрастными значениями признаков.

Генотипические различия в пчёлопосещаемости у линий и гибридов подсолнечника.

Научная новизна исследований. В работе впервые изучен по репродуктивным признакам новый селекционный материал подсолнечника, полученный во ВНИИМК. Установлены широкие пределы изменчивости завязываемости семян у новых гибридов подсолнечника. Выявлены генотипические отличия в морфологических особенностях пыльцы и содержании нектара у различных генотипов. Проведён гибридологический анализ длины и диаметра венчика трубчатых цветков и определён аддитивный генетический контроль этих признаков. Оценены параметры варьирования пчёлопосещаемости растений на селекционных и семеноводческих участках.

Практическая значимость работы. Полученные экспериментальные данные позволяют обоснованно рекомендовать использование в селекции линий и гибридов подсолнечника отбора генотипов на высокую завязываемость семян как при свободном цветении, так и самоопылении. Показатель однородности диаметра пылевых зёрен целесообразно учитывать в повышении завязываемости семян. При селекции и семеноводстве линий и гибридов подсолнечника необходимо учитывать нектаропродуктивность и морфологические особенности венчика трубчатых цветков для повышения пчёлопосещаемости генотипов.

Методология и методы исследования. Теоретической основой исследования были положения системного подхода при анализе причинно-следственных связей в ряду биологических явлений: репродуктивного потенциала, реализованной продуктивности и факторов аттрактивности к опылителям. При получении экспериментальных данных использованы необходимые способы проведения полевых и лабораторных работ. Результаты исследования подвергнуты статистической обработке с использованием t-критерия Стьюдента, корреляционного и дисперсионного анализов.

Личный вклад автора. Автором подготовлен тематический план исследований, составлены схемы экспериментов и заложены опыты. Автор принимал участие в полевых и лабораторных работах, проведении

статистической обработки данных, анализе результатов, написании статей по теме диссертации.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций подтверждается необходимым объемом результатов экспериментальных исследований. Вся работа поэтапно выполнена в согласии с обозначенными целью и задачами. Результаты были получены на основании полевых опытов и лабораторных анализов. Выполнена необходимая обработка данных с использованием статистических методов. Выводы логично вытекают из полученных результатов.

Апробация результатов. Основные результаты и положения исследований ежегодно (2017-2020 гг.) докладывались на заседаниях методической комиссии ФГБНУ «ФНЦ» ВНИИМК. А также материалы доложены на международных и всероссийских конференциях: 9-ая Всероссийская конференция с международным участием молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур» (Краснодар, 2017), XI Всероссийская конференция молодых учёных, посвященная 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2017), XXXI Межрегиональная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий» (Краснодар, 2018), Всероссийская научно-практическая конференция Кубанского отделения ВОГиС «Генетический потенциал и его реализация в селекции семеноводстве и размножении растений» (Краснодар, 2019), 10-ая Всероссийская конференция с международным участием молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур» (Краснодар, 2019), III Международная научно-практическая конференция «Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции» (Краснодар, 2019), VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров (ВОГиС) (Санкт-Петербург, 2019), Международная научно-практическая конференция с элементами школы молодых учёных «Научные приоритеты адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства» (Краснодар, 2019), III научно-практическая конференция молодых учёных Всероссийского форума по селекции и семеноводству «Русское поле 2019» (Краснодар, 2019), Всероссийская (национальная) конференция «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2019), V Всероссийская научно-практическая конференция «Биологические и экологические основы селекции, семеноводства и размножения растений» (Ялта, 2019), 11-ая Всероссийская конференция молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии

возделывания и переработки сельскохозяйственных культур» (Краснодар, 2021), Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 20-летию АПИ-лаборатории биологического факультета Кубанского государственного университета «Общественные насекомые. Современные проблемы пчеловодства» (Краснодар, 2021).

Публикация результатов исследования. По материалам диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 7 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 140 страницах, выполнена в компьютерном исполнении и состоит из введения, пяти глав, заключения, рекомендаций для селекции, списка использованной литературы и приложений. Экспериментальные данные приведены в 39 таблицах, 35 рисунках и 17 приложениях. Список использованной литературы содержит 226 источников, в том числе – 128 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы, цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость.

Глава 1. Селекционная характеристика репродукционных особенностей подсолнечника (обзор литературы)

В данной главе представлен аналитический обзор существующей на данный момент научной литературы с целью обоснования постановки исследовательской проблемы. Последовательно рассмотрены вопросы о биологии цветения подсолнечника, его автофертильности, завязываемости семян в корзинке, особенностям пыльцы, характеристике венчика трубчатых цветков и пчелопопосещаемости растений подсолнечника.

Глава 2. Условия, материал и методы исследования

Основную часть исследований проводили на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар в лаборатории генетики и лаборатории селекции гибридного подсолнечника в период с 2017-2020 гг.

Экспериментальная база ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК расположена в центральной почвенно-климатической зоне Краснодарского края. Почва опытных посевов представлена выщелоченными, слабогумусными сверхмощными тяжелосуглинистыми чернозёмами. Мощность гумусового и переходного горизонтов 160-180 см. Структура пахотного слоя почвы – комковатая, в подпахотном горизонте – комковато-зернистая.

Климат района умеренно-континентальный. Среднегодовые температуры воздуха в годы проведения экспериментов находились в пределах 13,2-13,4 °С, что превышает климатическую норму. Среднесуточная температура в период всходы-физиологическая спелость подсолнечника за четыре года исследования была выше средней многолетней в среднем на 3,0 °С.

Среднегодовое количество выпавших осадков в 2017 и 2018 гг. превышало климатическую норму и составило 684 и 681 мм, а в 2019 и 2020 гг. было ниже нормы – 610 и 510 мм, соответственно.

Агроклиматические условия, сложившиеся в период проведения исследований, позволили получить достоверные результаты.

Материал и методы исследования.

Объектом исследования были 163 генотипа культурного подсолнечника *Helianthus annuus* L.: семь межлинейных селекционных гибридов, кондитерский сорт-популяция, 103 линии генетической коллекции и 52 экспериментальные гибридные комбинации.

Растения гибридов выращивали на четырёхрядных делянках при схеме посева 70 × 23 см (60 тысяч штук/га), сорта – 70 × 35 см (40 тысяч штук/га) в посеве конкурсного сортоиспытания лаборатории селекции гибридного подсолнечника. Площадь делянки 28 м², учётная – 14 м².

Растения генетической коллекции, включая родительские линии и гибриды первого поколения, выращивали на однорядных делянках, а гибриды второго поколения – на четырёхрядных делянках при схеме посева 70 × 35 см по 25 растений в ряду в посеве лаборатории генетики.

Изучали 10 репродуктивных признаков, связанных со способностью растений к размножению: число трубчатых цветков (семязачатков) в корзинке, число семян в корзинке, завязываемость семян при свободном цветении, завязываемость семян при самоопылении (автофертильность), пчелопопосещаемость, количество нектара, качество нектара (сахаристость), качество пыльцы, длину и диаметр венчика трубчатого цветка.

Завязываемость семян при свободном цветении и при самоопылении (автофертильность) определяли как отношение количества выполненных семян к общему числу семян в корзинке (выполненные и не выполненные).

Пыльцу окрашивали ацетоорсеином, препарат микроскопировали с помощью бинокулярного микроскопа Микрос МС 20.

Пчелопопосещаемость оценивали маршрутным методом. Количество нектара определяли с помощью микрокапиллярных трубок с внутренним 0,25 мм и внешним 0,50 мм диаметром. Сахаристость рассчитывали весовым способом по сухому остатку.

Значение степени доминирования признака рассчитывали по формуле, разработанной К. Мазером и Дж. Джинксом (1985), как отношение h/d. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Excel.

Глава 3 Изменчивость завязываемости семян у гибридов подсолнечника

Репродуктивный потенциал растений у пяти изученных генотипов за четыре года варьировал от 2000 трубчатых цветков в корзинке у гибрида Тайфун до 1255 цветков в корзинке у сорта Джинн (табл. 1). В среднем для изученных генотипов, потенциальный коэффициент размножения составил 1693, т.е. одна семянка может дать в следующем поколении 1693 семянки.

При этом Тайфун, НК Брио и Фактор отнесены к статистически гомогенной группе генотипов с высокими значениями признака числа цветков на корзинку. Эта группа также характеризовалась одинаковым диаметром корзинки около 20 см и близкими величинами плотности закладки цветков от 6,8 до 5,9 шт./см², соответственно. Гибрид Окси показал снижение числа цветков в корзинке до 1454 шт., диаметра корзинки – до 18,5 см и плотности закладки цветков – до 5,5 шт./см². Сорт Джинн имел самую большую корзинку с диаметром 22,8 см, но с наименьшей плотностью закладки цветков 3,2 шт./см². Доля влияния генотипа в изменчивости признака числа цветков в корзинке у генотипов подсолнечника была 62, а года – 3 %.

Таблица 1 – Репродуктивный потенциал растений подсолнечника в конкурсном сортоиспытании

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2020 гг.

Генотип	Количество цветков в корзинке, шт.	Диаметр корзинки, см	Количество цветков, шт./см ²
Тайфун	2000	19,5	6,8
НК Брио	1918	20,0	6,2
Фактор	1838	20,0	5,9
Окси	1454	18,5	5,5
Джинн	1255	22,8	3,2
НСР ₀₅	163	1,0	1,0

В условиях свободного цветения в конкурсном сортоиспытании на селекционном питомнике, т.е. при высокой пыльцевой нагрузке и достаточном пчёлоопылении, наблюдали большие различия в 2,5 раза в количестве выполненных семян на растение (табл. 2). Максимальное количество семян было у НК Брио – 1714, минимальное у Окси – 700 шт. на растение. Плотность закладки семян в корзинке соответственно уменьшилась с 5,5 до 2,6 шт./см². Доля влияния генотипа в изменчивости числа выполненных семян в корзинке у генотипов подсолнечника при свободном цветении была 80, а года – 3 %.

При самоопылении растений в конкурсном сортоиспытании на селекционном питомнике также отмечены значительные различия в 22,7 раза в количестве выполненных семян на растение (табл. 2). Максимальное число семян было у гибрида НК Брио – 1203, минимальное у сорта Джинн – 53 шт.

на растение. Плотность закладки семян в корзинке соответственно уменьшилась с 3,9 до 0,2 шт./см². Доля влияния генотипа в изменчивости числа выполненных семян в корзинке у генотипов подсолнечника при самоопылении была 82, года – 5 и взаимодействия факторов – 2 %.

Таблица 2 – Реализованный репродуктивный потенциал растений подсолнечника при разных способах опыления в конкурсном сортоиспытании ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2020 гг.

Генотип	Количество выполненных семян при свободном цветении		Количество выполненных семян при самоопылении	
	шт./корзинку	шт./см ²	шт./корзинку	шт./см ²
НК Брио	1714	5,5	1203	3,9
Тайфун	1511	5,1	763	2,6
Фактор	1434	4,6	815	2,6
Джинн	1079	2,8	53	0,2
Окси	700	2,6	343	1,3
НСР ₀₅	129	0,8	176	0,6

Ранги изученных генотипов по урожайности от максимального 4,25 у НК Брио до минимального 1,55 т/га у Окси (табл. 3) соответствовали ранжированной последовательности генотипов по реализованному репродуктивному потенциалу в виде количества семян на растение при свободном цветении.

Таблица 3 – Результаты конкурсного сортоиспытания гибридов подсолнечника ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2020 гг.

Генотип	Урожайность, т/га	Продуктивность семян с растения, г	Вегетационный период, сутки	Масса 1000 семян, г	Масличность, %
НК Брио	4,25	90	96	52	51,8
Тайфун	3,70	76	92	50	51,0
Фактор	3,65	77	94	54	50,2
Джинн	3,06	117	102	109	46,2
Окси	1,55	46	95	66	45,7
НСР ₀₅	0,48	12	7	9	2

Исследование двух первых репродуктивных признаков у подсолнечника – числа трубчатых цветков (потенциал) и числа сформированных семян в корзинке (коэффициент размножения) позволило установить существенные отличия между изученными генотипами.

Для пяти генотипов были получены четырёхлетние данные по завязываемости семян при свободном цветении (рис. 1). Доля влияния фактора генотипа составила 89, а условий года – 5 %. Максимальной завязываемостью 89 и 86 % отличались гибриды НК Брио и сорт Джинн, соответственно. Гибриды Фактор и Тайфун характеризовались меньшей завязываемостью 78 и 76 %, а гибрид Окси показал минимальное значение признака 48 %, что указывает, вероятно, на существование репродуктивных аномалий при цветении, оплодотворении или развитии семян.

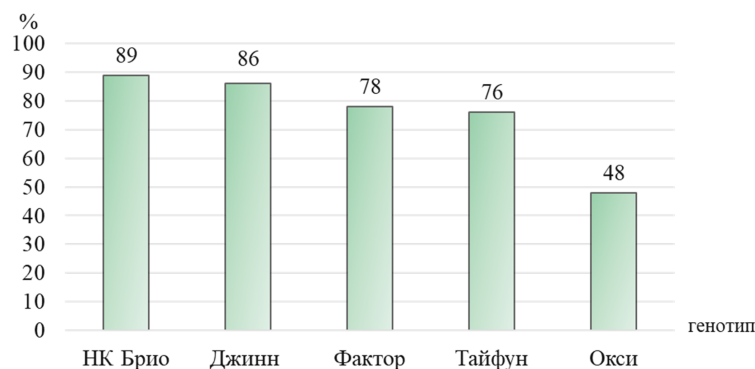


Рисунок 1 – Завязываемость семян при свободном цветении у генотипов подсолнечника в конкурсном сортоиспытании (ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2020 гг.)

За четыре года изучения НК Брио показал самую высокую автофертильность 63 % (рис. 2). Гибриды Фактор и Тайфун обладали средними значениями признака 42 и 39 %, соответственно. Гибрид Окси продемонстрировал низкую автофертильность 23 %, а сорт Джинн – очень низкое значение признака 5 %.

Дисперсионный анализ изменчивости автофертильности у пяти генотипов подсолнечника позволил установить значительную долю влияния фактора генотипа 86 %, а также достоверное действие условий года 6 % и взаимодействия генотип × среда 1 %.

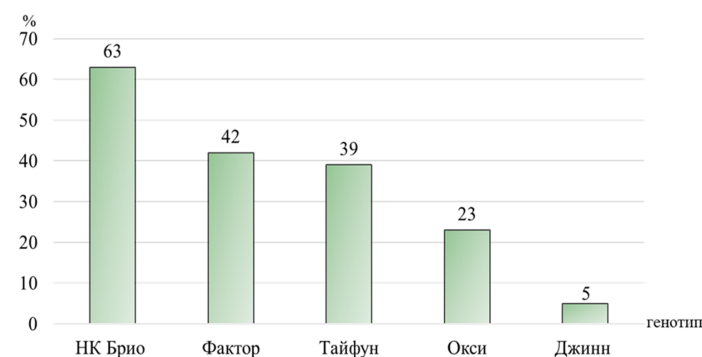


Рисунок 2 – Завязываемость семян при самоопылении у генотипов подсолнечника в конкурсном сортоиспытании (ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2020 гг.)

Диаметр пыльцевых зёрен у гибридов Фактор, НК Брио, Тайфун, Окси, линии ВК195 и сорта Джинн варьировал от 34 до 31 мкм. Линия ВК876 Б и топинамбур характеризовались наименьшими значениями этого признака – 29 и 27 мкм, соответственно. Для двух генотипов культурного подсолнечника – линии ВК876 Б (рис. 3) и гибрида Окси наблюдали значительную морфологическую гетерогенность пыльцы, что выражалось в соответствующей высокой доле дефектных пыльцевых зёрен – 34 и 26 %. При этом происходило двухпиковое распределение значений диаметра пыльцевых зёрен – главный пик для нормальных зёрен и добавочный пик для дефектных зёрен, включая среднеразмерную и микропыльцу.



Рисунок 3 – Пыльцевые зёрна подсолнечника линии ВК876 Б, окрашенные ацетоорсеином (А – нормальное пыльцевое зерно; В – среднеразмерное зерно; С – микропыльцевое зерно)

Морфологическая гетерогенность пыльцевых зёрен гибрида Окси связана с доминантной передачей этого признака от материнской ЦМС-формы ВК876 А, поскольку отцовская линия ВК195 обладает нормальной характеристикой пыльцевых зёрен. Пыльца гибрида НК Брио показала достоверно большую на 25 % завязываемость семян в скрещивании с ЦМС-тестером, чем у гибрида Окси, что подтверждает предположение о наличии связи повышенной доли дефектных пыльцевых зёрен с пониженной фертильностью пыльцы.

Глава 4 Гибридологический анализ морфологических признаков трубчатых цветков у подсолнечника

В конкурсном сортоиспытании за три года изучения наблюдали незначительные, но достоверные различия между восемью селекционными генотипами по длине и диаметру венчика. Наибольшая длина венчика 8,3 и диаметр венчика 3,0 мм были отмечены у крупноплодного сорта Джинн, минимальные значения характерны для гибрида Фактор 7,4 и 2,2 мм, соответственно.

Дальнейшие исследования признаков длины и ширины венчика трубчатых цветков подсолнечника проводили с линиями генетической коллекции.

Изученные в 2017 г. 90 линий показали варьирование длины венчика от 6,3 у линии КГ49 до 9,2 мм у линии Л2138, т.е. с различием в 1,7 раза. Среднее значение составило 7,5 мм, размах варьирования – 2,9 мм с коэффициентом вариации CV = 7 %.

Трехлетнее наблюдение за пятью отобранными линиями с контрастными значениями длины венчика Л2138, К581, ВК905 Б (max) и ЛД102, КГ49 (min) показало сильное влияние генотипа 96 % на варьирование признака без смены ежегодных фенотипических рангов линий. В среднем за три года, длина венчика по двум группам линий (max и min) составила от 8,4 до 8,9 мм и от 6,3 до 6,7 мм, соответственно (табл. 4).

Таблица 4 – Длина венчика трубчатого цветка у линий генетической коллекции подсолнечника

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2019 гг.

Лимит	Линия	Год			Среднее по годам	НСР ₀₅
		2017	2018	2019		
Max	Л2138	9,2	8,7	8,7	8,9	0,1
	К581	8,8	8,6	8,6	8,7	0,1
	ВК905 Б	8,3	8,3	8,5	8,4	0,1
Min	ЛД102	6,7	6,7	6,7	6,7	0,1
	КГ49	6,3	6,3	6,3	6,3	0,1
	НСР ₀₅	0,2	0,1	0,1		

При реципрокном скрещивании линий с максимальными значениями длины венчика max × max в F₁ наблюдали наследование по типу отрицательного сверхдоминирования (h/d от -7,00 до -2,00), отрицательного доминирования (от -1,00 до -0,50) и промежуточного наследования (от 0,00 до 0,33).

В 12-ти комбинациях реципрокных скрещивании линий с максимальным и минимальным значениями max × min длины венчика в F₁ наблюдали наследование в основном по промежуточному типу (h/d от -0,13 до 0,46).

При реципрокном скрещивании линий с минимальными значениями длины венчика min × min в F₁ наблюдали наследование по типу неполного доминирования (h/d = 0,50) и сверхдоминирования (h/d = 2,00).

Наследование длины венчика в F₂ при скрещивании линий в пределах одной контрастной группы между собой, т.е. max × max (Л2138 × ВК905 Б) носило континуальный характер с незначительными двусторонними трансгрессиями.

Наследование длины венчика в F₂ при скрещивании линий с контрастными проявлениями признака между собой Л2138 × ЛД102, т.е. max × min, характеризовалось более широкой континуальной изменчивостью без трансгрессий (рис. 4). При этом среднее значение F₁ (7,9 мм), F₂ (7,7 мм) и среднеродительское значение (7,6 мм) были близки, что предполагает наличие аддитивного действия полигенов. Лимиты распределения значений в F₂ – 6,9 и 8,3 мм соответствовали родителям с минимальной и максимальной величиной признака. Размах варьирования составил 1,4 мм и CV = 4 %.

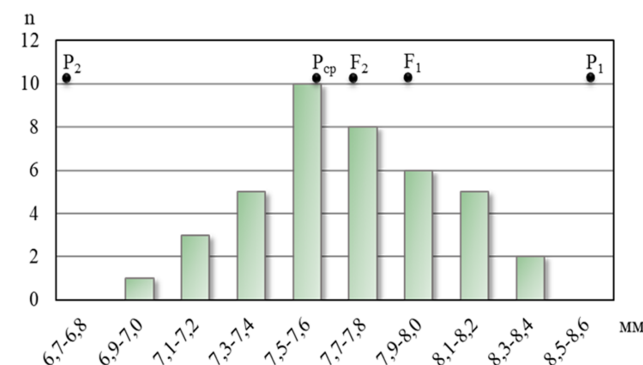


Рисунок 4 – Наследование длины венчика трубчатого цветка в F₂ при скрещивании ВК905 Б × ЛД102 (max × min), 2019 г.

Наследование длины венчика в F₂ при скрещивании линий в пределах одной контрастной группы с минимальными значениями между собой, т.е. min

× min (ЛД102 × КГ49) носило континуальный характер с сильной положительной трансгрессией.

Изученные в 2017 г. линии генетической коллекции подсолнечника показали широкое варьирование диаметра венчика трубчатого цветка от 1,4 у №424924 до 3,6 мм у КГ19, т.е. с различием в 2,6 раза. Среднее значение при этом составило 2,4 мм, размах варьирования – 2,2 мм с коэффициентом вариации CV = 14 %.

Трехлетнее наблюдение за четырьмя отобранными линиями с контрастными значениями диаметра венчика КГ19, ВИР130-3 (max) и ВИР391, №424924 (min) показало, как и в случае с длиной венчика, сильное влияние генотипа 94 % на варьирование признака без смены ежегодных фенотипических рангов линий. В среднем за три года, диаметр венчика по двум группам линий (max и min) изменялся от 2,9 до 3,4 мм и от 1,6 до 1,7 мм, соответственно (табл. 5).

Таблица 5 – Диаметр венчика трубчатого цветка у линий генетической коллекции

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2019 гг.

Лимит	Линия	Год			Среднее по годам	НСР ₀₅
		2017	2018	2019		
Max	КГ19	3,6	3,3	3,3	3,4	0,1
	ВИР130-3	3,0	2,9	2,8	2,9	0,1
Min	ВИР391	1,7	1,7	1,7	1,7	0,1
	№424924	1,4	1,7	1,6	1,6	0,1
	НСР ₀₅	0,2	0,1	0,1		

При реципрокном скрещивании линий с максимальными значениями диаметра венчика max × max в F₁ наблюдали наследование по промежуточному типу (h/d от 0,00 до 0,20).

В восьми комбинациях реципрокных скрещивании линий с максимальным и минимальным значениями диаметра венчика max × min в F₁ наблюдали наследование как по промежуточному типу (h/d от -0,37 до 0,16), так и неполному доминированию (от 0,50 до 0,81).

При реципрокном скрещивании двух линий с минимальными значениями диаметра венчика min × min в F₁ наблюдали наследование по типу сверхдоминирования (h/d = 1,3).

Наследование диаметра венчика в F₂ при скрещивании линий в пределах одной контрастной группы между собой, т.е. max × max (ВИР130-3 × КГ19) носило континуальный характер с отрицательной трансгрессией. Лимиты распределения значений в F₂ составили 2,2 и 3,2 мм при размахе варьирования 1,0 мм и CV = 9 %.

Наследование диаметра венчика в F₂ при скрещивании линий с контрастными проявлениями признака между собой ВИР130-3 × ВИР391, т.е.

max × min, характеризовалось континуальной изменчивостью без значительных трансгрессий (рис. 5). При этом среднее значение F₁ (2,5 мм), F₂ (2,4 мм) и среднеродительская величина (2,2 мм) были близки, что предполагает наличие аддитивного действия полигенов.

Лимиты распределения значений в F₂ – 1,6 и 3,2 мм соответствовали родителям с минимальной и максимальной величиной признака при размахе варьирования равном 1,6 мм и CV = 13 %.

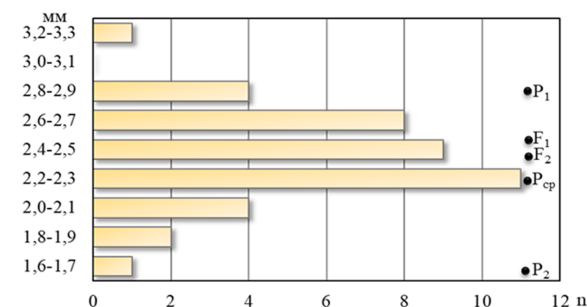


Рисунок 5 – Наследование диаметра венчика трубчатого цветка в F₂ при скрещивании ВИР130-3 × ВИР391 (max × min), 2019 г.

Наследование диаметра венчика в F₂ при скрещивании линий в пределах одной контрастной группы между собой, т.е. min × min (№424924 × ВИР391) носило континуальный характер с положительной трансгрессией.

Глава 5 Пчелопосещаемость растений подсолнечника на селекционных и семеноводческих участках

Для пяти генотипов подсолнечника в конкурсном сортоиспытании были получены четырёхлетние данные по пчелопосещаемости (рис. 6). При этом максимальным значением 30 особь/корзинка/час отличился гибрид НК Брио. Гибриды Фактор, Тайфун и сорт Джинн характеризовались промежуточной пчелопосещаемостью 23, 23 и 22, соответственно, а гибрид Оксис показал минимальное значение признака 15 особь/корзинка/час.

Дисперсионный анализ изменчивости пчелопосещаемости у генотипов подсолнечника позволил установить достоверность факторов генотипа – 22, года – 63 и их взаимодействия – 5 %.

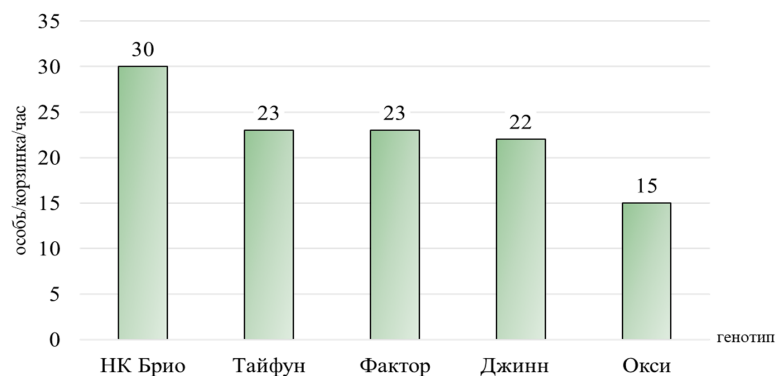


Рисунок 6 – Пчёлопосещаемость растений подсолнечника в конкурсном сортоиспытании гибридов, (ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2020 гг.)

Максимальное количество нектара в 2019 г. отмечено у гибрида НК Брио и составило 0,18 мг/цветок при сахаристости 61 %. У гибрида Фактор наблюдали промежуточное значение количества нектара – 0,14 мг/цветок. При этом сахаристость достоверно не отличалась от гибрида НК Брио и оценивалась в 57 %. Минимальное количество нектара было у гибрида Оксис – 0,11 мг/цветок с самой низкой сахаристостью 36 % (табл. 6).

В 2020 г. максимальное количество нектара также отмечено у гибрида НК Брио – 0,30 мг/цветок, что выше этого показателя в 2019 г. Однако, сахаристость нектара была ниже значений 2019 г. и составила 33 %. У гибридов Фактор и Тайфун наблюдали промежуточное значение количества нектара – 0,23 и 0,22, мг/цветок. Сахаристость при этом достоверно не отличалась от гибрида НК Брио и составила 30 и 32 %, что также ниже показателей предыдущего года. Минимальное количество нектара было у гибрида Оксис – 0,14 мг/цветок с сахаристостью 21 % (табл. 6).

Таблица 6 – Характеристика нектара трубчатых цветков у гибридов подсолнечника в конкурсном сортоиспытании

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2019-2020 гг.

Генотип	Количество нектара, мг/цветок			Сахаристость нектара, %		
	2019 г.	2020 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	среднее
Оксис	0,11	0,14	0,13	36	21	29
Фактор	0,14	0,23	0,19	57	30	44
Тайфун	-	0,22	0,22	-	32	32
НК Брио	0,18	0,30	0,24	61	33	47
НСР ₀₅	0,03	0,03		11	5	

Высокие значения количества нектара и сахаристости у гибрида НК Брио соответствовали его высокой пчёлопосещаемости на уровне 30 особь/корзинка/час. Минимальные значения количества и сахаристости нектара у гибрида Оксис приводили, очевидно, к низкой пчёлопосещаемости 15 особь/корзинка/час.

Между пчёлопосещаемостью и урожайностью семян для восьми генотипов в конкурсном сортоиспытании в 2017 и 2018 гг. установлена достоверная положительная корреляция рангов Спирмена $r_s = 0,79$ и $r_s = 0,74$, соответственно ($r_{s,05} = 0,72$).

Для расширения изучаемого генофонда были использованы образцы генетической коллекции подсолнечника, выращиваемые рядом с конкурсным сортоиспытанием гибридов.

Пчёлопосещаемость растений подсолнечника у 90 инбредных линий генетической коллекции в 2017 г. показала широкую изменчивость от 160 (К2479) до 0 (И7-246) при среднем значении 38 особь/корзинка/час и CV = 71 % (рис. 7).

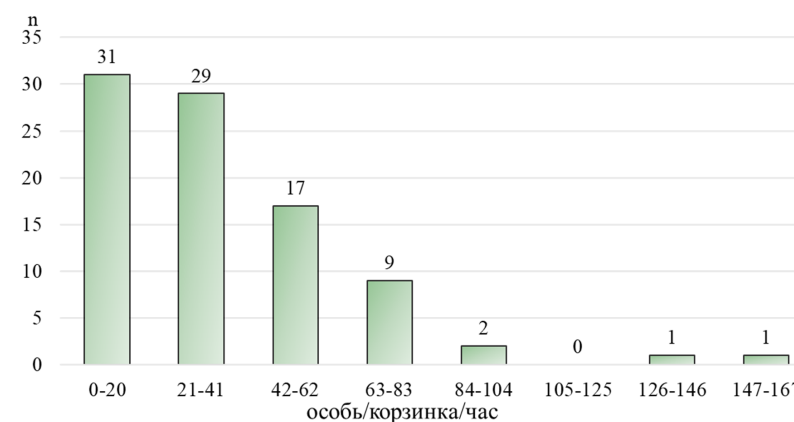


Рисунок 7 – Распределение линий генетической коллекции подсолнечника по пчёлопосещаемости растений, 2017 г.

Для дальнейшего изучения наследования признака были отобраны по две линии с контрастными значениями пчёлопосещаемости – max (К2479 и МВГ-8) и min (И7-246 и Л7247). Эти линии за четыре года показали высокую фенотипическую стабильность без смены рангов (табл. 7). Различия значений пчёлопосещаемости между линиями max и min групп были 10-ти кратными.

Таблица 7 – Пчёлопосещаемость растений подсолнечника у линий генетической коллекции с контрастными значениями признака

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2017-2020 гг.

Линия		Пчёлопосещаемость, особь/корзинка/час				
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее
max	K2479	160	144	148	175	157
	МВГ-8	132	204	136	185	164
min	И7-246	0	28	16	16	15
	Л7247	4	8	16	12	10
НСР ₀₅		30	32	32	30	

Пчёлопосещаемость растений F₁ при скрещивании линий с максимальными значениями признака max × max наблюдали сверхдоминирование со значениями h/d до 5,1. При реципрочных скрещиваниях max × min, наблюдали в основном промежуточное наследование. Растения F₁ при скрещивании min × min характеризовались сверхдоминированием с h/d до 3,8 (табл. 8).

За четыре года изучения пчёлопосещаемости на селекционном питомнике основным опылителем была пчела медоносная *Apis mellifera* с долей 91 %.

Таблица 8 – Наследование в F₁ пчёлопосещаемости при скрещивании линий подсолнечника

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2018 г.

Тип скрещивания	Комбинация скрещивания	Пчёлопосещаемость особь/корзинка/час			h/d
		P ₁	P ₂	F ₁	
max × max	МВГ-8 × K2479	204	144	328	5,10
	K2479 × МВГ-8	144	204	288	3,80
max × min	МВГ-8 × И7-246	204	28	136	0,22
	МВГ-8 × Л7247	204	8	132	0,26
	K2479 × Л7247	144	8	128	0,76
	K2479 × И7-246	144	28	92	0,10
min × max	И7-246 × МВГ-8	28	204	176	0,68
	Л7247 × МВГ-8	8	204	148	0,42
	И7-246 × K2479	28	144	124	0,65
	Л7247 × K2479	8	144	156	1,17
min × min	И7-246 × Л7247	28	8	36	1,80
	Л7247 × И7-246	8	28	56	3,80

Максимальное количество нектара (0,32 мг/цветок) и его сахаристость (53 %) было отмечено для линии генетической коллекции с максимальной пчёлопосещаемостью МВГ-8 (табл. 9). У линии Л7247 с минимальной

пчёлопосещаемостью наблюдали также минимальное количество нектара (0,15 мг/цветок) и его сахаристость (40 %).

Таблица 9 – Характеристика нектара в трубчатых цветках линий генетической коллекции подсолнечника

ЦЭБ ВНИИМК, г. Краснодар, 2020 г.

Генотип	Количество нектара, мг/цветок	Количество сухого вещества, мг/цветок	Сахаристость, %
МВГ-8	0,32	0,17	53
K2479	0,25	0,10	40
И7-246	0,22	0,10	46
Л7247	0,15	0,06	40
НСР ₀₅	0,03	0,02	6

В условиях близости естественных местообитаний диких насекомых-опылителей на семеноводческом участке размножения линии ВК1-сур А в 2019 г. посещаемость опылителей на ЦМС-линии ВК1-сур А составила 15 особь/корзинка/час, что в четыре раза ниже, чем на фертильном аналоге ВК1-сур Б – 60 особь/корзинка/час. На линии ВК1-сур А основным опылителем был шмель земляной – 53 %, а на линии ВК1-сур Б – галикт пятнистый с долей 77 % (табл. 10).

Таблица 10 – Пчёлопосещаемость и доля опылителей на участке размножения линии подсолнечника ВК1-сур А × ВК1-сур Б

ВНИИМК, 2019 г.

Линия	Вид насекомого-опылителя											
	пчела медоносная		шмель земляной		шмель садовый		галикт четырёх-полосый		галикт пятнистый		всего	
	П*	Д**	П	Д	П	Д	П	Д	П	Д	П	Д
ВК1-сур А	1	7	8	53	1	7	2	13	3	20	15	100
ВК1-сур Б	4	7	5	8	2	3	3	5	46	77	60	100
НСР ₀₅	1		1		1		1		4		8	

П* – пчёлопосещаемость, особь/корзинка/час; Д** – доля, %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Репродуктивный потенциал растений подсолнечника варьировал от 2000 у гибрида Тайфун до 1255 у сорта Джинн при среднем значении 1693 трубчатых цветков на корзинку. Плотность закладки цветков в корзинке соответственно уменьшилась с 6,8 до 3,2 шт./см². Доля влияния генотипа в изменчивости числа трубчатых цветков на корзинку была 62 %.

2. В условиях свободного цветения в конкурном сортоиспытании максимальное число выполненных семян у гибрида НК Брио составило 1714, а минимальное у гибрида Окси – 700 шт. на растение с долей влияния генотипа 80 %. Плотность закладки семян в корзинке соответственно уменьшилась с 5,5 до 2,6 шт./см².

3. Максимальное число семян при самоопылении у гибрида НК Брио составило 1203, а минимальное у сорта Джинн – 53 шт. на растение с долей влияния генотипа 82 %. Плотность закладки семян в корзинке уменьшилась с 3,9 до 0,2 шт./см².

4. В условиях свободного цветения растений в конкурном сортоиспытании максимальную завязываемость семян показали гибрид НК Брио и сорт Джинн 89 и 86 %, гибриды Фактор и Тайфун характеризовались завязываемостью 78 и 76 %, соответственно. Гибрид Окси показал минимальное значение признака 48 %. При этом доля влияния генотипа была 89 %.

5. При самоопылении растений гибрид НК Брио показал автофертильность 63 %. Гибриды Фактор и Тайфун обладали значениями признака 42 и 39 %, соответственно. Гибрид Окси характеризовался автофертильностью 23, а сорт Джинн – 5 %. При этом доля влияния генотипа составила 86 %.

6. Диаметр пыльцевых зёрен у гибридов Фактор, НК Брио, Тайфун, Окси, линии ВК195 и сорта Джинн варьировал от 34 до 31 мкм. Линия ВК876 характеризовалась наименьшим значениям признака – 29 мкм. Для линии ВК876 и гибрида Окси наблюдали значительную морфологическую гетерогенность пыльцы с высокой долей дефектных пыльцевых зёрен – 34 и 26 %, соответственно.

7. Морфологическая гетерогенность пыльцевых зёрен гибрида Окси связана с доминантной передачей этого признака от материнской ЦМС-формы ВК876 А, поскольку отцовская линия ВК195 обладает нормальной характеристикой пыльцы.

8. Линии генетической коллекции с контрастными значениями длины венчика от 6,3 до 9,2 мм показали значительную долю влияния генотипа 96 % в варьировании признака. Наследование в F₁ при разных вариантах скрещиваний этих линий характеризовалось как отрицательное сверхдоминирование, отрицательное доминирование, промежуточное, неполное доминирование и сверхдоминирование.

9. Наследование длины венчика в F₂ при скрещивании линий в группе max × max носило континуальный характер с двусторонней трансгрессией, при скрещивании линий с контрастными проявлениями признака max × min характеризовалось более широкой континуальной изменчивостью без трансгрессии и при скрещивании линий в группе min × min показало континуальный характер с сильной положительной трансгрессией.

10. Линии генетической коллекции с контрастными значениями диаметра венчика от 1,4 до 3,6 мм показали долю влияния генотипа 94 % в варьировании признака. Наследование длины венчика в F₁ при разных вариантах скрещиваний линий характеризовалось как промежуточное, неполное доминирование и сверхдоминирование.

11. Наследование длины венчика в F₂ при скрещивании линий в группе max × max носило континуальный характер с отрицательной трансгрессией, при скрещивании линий с контрастными проявлениями признака max × min характеризовалось широкой континуальной изменчивостью без трансгрессии и при скрещивании линий в группе min × min показало континуальный характер с сильной положительной трансгрессией.

12. В конкурсном сортоиспытании максимальной пчёлопосещаемостью 30 особь/корзинка/час отличался гибрид НК Брио. Гибриды Фактор, Тайфун и сорт Джинн характеризовались промежуточной пчёлопосещаемостью. Гибрид Окси показал минимальное значение признака 15 особь/корзинка/час. Доля влияния фактора генотипа составила 22, года – 63 и их взаимодействия – 5 %. Между пчёлопосещаемостью и урожайностью семян установлена положительная корреляция $r_s = 0,77$.

13. В конкурсном сортоиспытании максимальное количество нектара отмечено у гибрида НК Брио – 0,24 мг/цветок при сахаристости 47 %. Минимальное количество нектара было у гибрида Окси – 0,13 мг/цветок при сахаристости 29 %.

14. Максимальное количество нектара 0,32 мг/цветок при сахаристости 53 % отмечено у линии генетической коллекции МВГ-8 с максимальной пчёлопосещаемостью 164 особь/корзинка/час. У линии Л7247 с минимальной пчёлопосещаемостью 10 особь/корзинка/час наблюдали минимальное количество нектара 0,15 мг/цветок при сахаристости 40 %.

15. Наследование пчёлопосещаемости в F₁ при скрещивании линий генетической коллекции относилось к промежуточному типу, неполному доминированию и сверхдоминированию.

16. На семеноводческих участках пчёлопосещаемость фертильных линий ВК1-сур Б и ВК1-клп Б была выше, чем их ЦМС-аналогов в 4,0 и 1,2 раза, соответственно.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

1. Учитывать в практической селекции подсолнечника оценку исходного материала по репродуктивным признакам: числу трубчатых цветков в корзинке, числу семян в корзинке, завязываемости семян при свободном цветении, автофертильности, пчёлопосещаемости, количеству нектара, сахаристости нектара, диаметру пыльцевых зёрен, длине и диаметру венчика трубчатого цветка.
2. Определять количество нектара в трубчатых цветках микрокапиллярным методом, а его сахаристость – по сухому остатку весовым методом.
3. Оценивать морфологическую гетерогенность пыльцы по изменчивости диаметра пыльцевых зёрен для характеристики её качества.
4. Использовать в селекции линию МВГ-8 как источник признака высокой пчёлопосещаемости.
5. Учитывать влияние диких насекомых-опылителей в семеноводческих посевах подсолнечника.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

- 1 Демури́н, Я. Н. Завязываемость семян у гибридов подсолнечника в конкурсном сортоиспытании / Я. Н. Демури́н, **О. А. Рубанова** // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2019. – №5 (80). – С. 109-113.
- 2 **Рубанова, О. А.** Посещаемость пчёлами подсолнечника в конкурсном сортоиспытании / О. А. Рубанова, Я. Н. Демури́н // Пчеловодство. – М., 2020. – № 1. – С. 22-23.
- 3 Демури́н, Я. Н. Наследование длины и диаметра венчика у трубчатых цветков подсолнечника / Я. Н. Демури́н, **О. А. Рубанова** // Масличные культуры. – Краснодар, 2020. – Вып. 1 (181). – С. 12-20.
- 4 Демури́н, Я. Н. Гербицидоустойчивый гибрид подсолнечника Клип / Я. Н. Демури́н, А. А. Пихтярёва, А. С. Тронин, А. Н. Левуцкая, С. В. Костевич, **О. А. Рубанова**, С. С. Фролов // Масличные культуры. – Краснодар, 2020. – Вып. 1 (181). – С. 128-131.
- 5 Демури́н, Я. Н. Сульфонилмочевинуустойчивый гибрид подсолнечника Сурус / Я. Н. Демури́н, А. А. Пихтярёва, А. С. Тронин, А. Н. Левуцкая, С. В. Костевич, **О. А. Рубанова**, С. С. Фролов // Масличные культуры. – Краснодар, 2020. – Вып. 2 (182). – С. 144-147.
- 6 **Рубанова, О. А.** Влияние нектаропродуктивности на посещаемость пчёлами гибридов подсолнечника / О. А. Рубанова, Я. Н. Демури́н // Пчеловодство. – М., 2021; № 5. – С. 24-26.

7 Демури́н, Я. Н. Пыльцевой анализ растений различных генотипов подсолнечника / Я. Н. Демури́н, **О. А. Рубанова** // Масличные культуры. – Краснодар, 2021. – Вып. 2 (186). – С. 10-17.

Публикации в прочих изданиях:

- 8 **Рубанова, О. А.** Автофертильность отцовских линий подсолнечника / О. А. Рубанова, В. Д. Савченко // Сборник материалов: 9-ой всероссийской конференции с международным участием молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур» (21-22 февраля). – Краснодар, 2017. – С. 66-70.
- 9 **Рубанова, О. А.** Пчёлопосещаемость А и Б форм линий подсолнечника в условиях лесостепной зоны полуострова Крым / О. А. Рубанова // Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых учёных, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (29-30 ноябрь). – Краснодар, 2017. – С. 85-86.
- 10 **Рубанова, О. А.** Насекомые-опылители подсолнечника / О. А. Рубанова // Сборник материалов XXXI Межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий» (20 апреля). – Краснодар, 2018. – С. 92-94.
- 11 **Рубанова, О. А.** Пчёлопосещаемость растений подсолнечника в конкурсном сортоиспытании / О. А. Рубанова // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции Кубанского отделения ВОГиС «Генетический потенциал и его реализация в селекции семеноводстве и размножении растений (21 марта). – Краснодар, 2019. – С. 78-80.
- 12 **Рубанова, О. А.** Пчёлопосещаемость линий генетической коллекции подсолнечника / О. А. Рубанова // Сборник статей по материалам в XII Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (5 февраля). – Краснодар, 2019 г. – С. 38-39.
- 13 **Рубанова, О. А.** Аппривность к пчёлам линий генетической коллекции подсолнечника / О. А. Рубанова // Сборник статей по материалам 10-й Всероссийской конференции с международным участием молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур» (26-28 февраля). – Краснодар, 2019.
- 14 **Рубанова, О. А.** Сравнение методов определения автофертильности / О. А. Рубанова, Я. Н. Демури́н // Сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции «Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции» (8-19 апреля). – Краснодар, 2019. – С. 296-299.

- 15 **Рубанова, О. А.** Посещение пчёлами и видовой состав опылителей у подсолнечника / О. А. Рубанова // Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции с элементами школы молодых учёных «Научные приоритеты адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства» (3-5 июля). – Краснодар, 2019. – С. 69-70.
- 16 **Рубанова, О. А.** Нектаропродуктивность линий и гибридов подсолнечника / О. А. Рубанова // Сборник статей по материалам 11-ой Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур» (25-26 февраля). – Краснодар, 2021. – С. 89-93.
- 17 **Рубанова, О. А.** Пчелопосещаемость растений подсолнечника на семеноводческих посевах / О. А. Рубанова, Я. Н. Демуриной // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 20-летию АПИ-лаборатории биологического факультета Кубанского государственного университета «Общественные насекомые. Современные проблемы пчеловодства» (29-30 мая). – Краснодар, 2021. – С. 121-125.

Подписано в печать 28.07.2021. Формат 60×84¹/₁₆.

Печать цифровая. Бумага Maestro.

Усл. печ. л. 1,39. Тираж 100 экз. Заказ № 21096.

Тираж изготовлен в типографии ООО «Просвещение-Юг»
с оригинал-макета заказчика.
350080, г. Краснодар, ул. Бородинская, 160/5. Тел.: 239-68-31.