

На правах рукописи

Белов Сергей Николаевич

**СЕЛЕКЦИЯ ОГУРЦА ДЛЯ ВЕСЕННИХ ПЛЁНОЧНЫХ ТЕПЛИЦ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАССИЧЕСКИХ И
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

Специальность: 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология
растений (сельскохозяйственные науки)

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО)

Научный руководитель: **Коротцева Ирина Борисовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции и семеноводства тыквенных культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

Официальные оппоненты: **Калашникова Елена Анатольевна**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева»

Пискунова Татьяна Миновна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела генетических ресурсов овощных и бахчевых культур, куратор коллекции огурца, тыквы, дыни, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова» (ВИР)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр риса»

Защита состоится 20 июня 2024 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.256.01, созданного на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» по адресу: 143080, Московская область, Одинцовский г.о., п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» и на сайте <https://vniissok.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.256.01,
доктор сельскохозяйственных наук

Бондарева Людмила Леонидовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Огурец (*Cucumis sativus* L.) – одна из ведущих овощных культур, возделываемых в открытом и защищенном грунте. В рамках программы импортозамещения и для выполнения задач, поставленных в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. N 20), необходимо создание отечественных короткоплодных гибридов огурца партенокарпического типа универсального назначения, устойчивых к болезням, имеющих стабильно высокую выраженность женского пола и урожайность.

Для создания родительских форм гетерозисных гибридов огурца, которые бы отвечали всем вышеуказанным параметрам, при использовании классических методов селекции зачастую требуется не менее 5-7 лет (Gémes-Juhász, 2002). В мировой практике для ускорения селекционного процесса широко используются методы биотехнологии, например получение удвоенных гаплоидов. Культура неопылённых семян позволяет получить гомозиготные линии огурца за период от 1 до 2 лет (Пивоваров, 2007). Несмотря на успехи биотехнологии в этой области, в настоящее время нет универсальной технологии получения удвоенных гаплоидов огурца, позволяющей получать линии из любого, интересующего селекционера материала. Разработка новых и усовершенствование существующих методов получения удвоенных гаплоидов огурца повысит эффективность и ускорит процесс получения селекционных линий.

Цель исследования. Создать линии огурца партенокарпического типа для весенних пленочных теплиц, характеризующиеся комплексом хозяйственно полезных признаков, с использованием классических и биотехнологических методов селекции для получения отечественных конкурентоспособных гибридов.

Задачи:

1. Провести оценку исходного материала огурца по основным хозяйственно полезным признакам и выделить наиболее ценные образцы для дальнейшего использования в селекции.
2. Оптимизировать отдельные элементы технологии получения ДН (удвоенных гаплоидов) растений огурца в культуре неопыленных семян *in vitro*.
3. Создать линейный материал, характеризующийся комплексом хозяйственно полезных признаков: скороспелостью, женским типом цветения, высоким уровнем партенокарпии, устойчивостью к настоящей и ложной мучнистой росе.

4. Получить перспективные гибридные комбинации огурца на основе новых созданных линий.

Научная новизна. Разработана технология получения удвоенных гаплоидов огурца в культуре неопыленных семяпочек *in vitro*, которая позволяет достичь индукции гиногенеза более 60%.

Впервые в России, в культуре неопыленных семяпочек огурца, получены ДН-линии из 12 генотипов, показавшие высокую выравненность по основным морфологическим признакам.

Подобран оптимальный способ механического раскрытия завязи с использованием препаровальной иглы, упрощающий процесс извлечения семяпочек и позволяющий уменьшить их травмирование, по сравнению с традиционным методом поперечного и продольного разрезания завязи скальпелем.

Показано, что добавление нитрата серебра в концентрации 10 мг/л и TDZ в 0,04-0,2 мг/л, к индукционным питательным средам способствует увеличению количества введенных в культуру неопыленных семяпочек, образующих морфогенный каллус, из которого развиваются ДН-растения.

Созданы оригинальные гиноцийные линии огурца, сочетающие высокую степень партенокарпии с устойчивостью к настоящей и ложной мучнистой росе.

Теоретическая и практическая значимость. Усовершенствована технология получения удвоенных гаплоидов огурца в культуре неопыленных семяпочек *in vitro* для ускоренного создания линий с необходимым набором признаков.

Получен принципиально новый исходный материал – удвоенные гаплоидные линии огурца для селекции и генетических исследований

Получен ценный линейный материал для гетерозисной селекции, с признаками: женский тип цветения, высокая степень партенокарпии, устойчивость к настоящей и ложной мучнистой росе и другими хозяйственно полезными признаками.

Получены перспективные гибридные комбинации огурца партенокарпического типа с высокой урожайностью и товарностью плодов для выращивания в пленочных необогреваемых теплицах и соответствующие запросам как потребителей, так и производителей.

Создан и передан на государственное испытание в ФГБУ «Госсорткомиссия» гибрид огурца партенокарпического типа для весенних теплиц, характеризующийся комплексом хозяйственно полезных признаков – Денди F₁.

Методология и методы исследования. Теоретические исследования основаны на анализе научных данных из открытых источников информации. Эксперименты проведены с использованием стандартных методик с различными модификациями и последующей статистической обработкой результатов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Элементы технологии получения удвоенных гаплоидов огурца в культуре неопыленных семяпочек *in vitro*.
2. Новые оригинальные линии и гибридные комбинации огурца с комплексом хозяйственно полезных признаков.

Степень достоверности. Достоверность результатов исследований обеспечена проведением опытов в соответствии с существующими методиками. Опыты были заложены с необходимым числом повторностей и достаточным объемом выборки. Полученные данные были статистически обработаны с применением дисперсионного анализа.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на: Всероссийской научно-практической конференции «Генетические ресурсы растений для генетических технологий: к 100-летию Пушкинских лабораторий ВИР» (2022 г., Россия, г. Санкт-Петербург, ВИР); IX Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в селекции и семеноводстве тыквенных культур. Традиции и перспективы» (2022 г., Россия, п. ВНИИССОК, ФГБНУ ФНЦО); V Международной научной конференции «Генетика и биотехнология XXI века проблемы, достижения, перспективы» (2022 г., Республика Беларусь, г. Минск, ГНУ ИГиЦ НАНБ); XXIII Международной конференции молодых ученых «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии» (2023 г., Россия, г. Москва, ФГБНУ ВНИИСБ).

Публикация результатов исследований. По теме диссертации автором опубликовано 9 научных работ, из которых 6 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 заявка на селекционное достижение.

Личный вклад. Все представленные в диссертации результаты были получены лично автором. Соискателю принадлежат: разработка программы исследования, проведение экспериментов, теоретическое обобщение полученных результатов, подготовка в соавторстве к публикации научных статей и материалов конференций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа представлена на 147 страницах, включая введение, обзор литературы, основную часть, содержащую 29 рисунков, 31 таблицу, заключение, рекомендации, список сокращений и

условных обозначений, библиографический список, включающий 200 источников, в том числе 140 на иностранном языке, 5 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре литературы приведены сведения: о ботанических и биологических особенностях культуры; основных направлениях огурца, а именно: на гетерозис, партенокарпию, устойчивость к болезням; о гаплоидных технологиях, использующихся для ускорения селекционного процесса у культур семейства Cucurbitaceae, и отдельно – для вида *Cucumis sativus* L.; о факторах, влияющих на эффективность технологии гиногенеза, о методах определения плоидности растений-регенерантов.

2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполняли в Московской области в 2018-2023 годах в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО), в лабораториях: селекции и семеноводства тыквенных культур, репродуктивной биотехнологии в селекции сельскохозяйственных растений, молекулярно – иммунологических исследований и в условиях Приморском края на Приморской ООС – филиале ФГБНУ ФНЦО.

Работа проводилась в условиях не обогреваемой и обогреваемой весенних грунтовых теплиц типа «Блочная» и Голландская», открытого грунта, кондиционируемой вегетационной камеры с лампами досвечивания (Osram plant star, 600w) и регулируемым температурным режимом 24 ± 1 °C круглосуточно, 16 часов – день/8 часов – ночь.

В качестве объектов исследований в питомнике исходного материала было изучено 50 гибридов F₁ и 51 селекционная линия.

В соответствии с общепринятыми методиками проводились: фенологические учеты и наблюдения; описание растений по типу цветения, типу ветвления, числу завязей в узле; описание плода; определение горечи; степени партенокарпии; учет урожайности.

Процент завязывания плодов определяли с 5-го по 20-й узел на основном и боковых побегах, а затем рассчитывали процент завязывания плодов на растении. Для образцов с букетным расположением завязи рассчитывали процентное соотношение завязывания плодов в опытной группе без опыления, к завязыванию плодов в контрольной группе с опылением.

Искусственное заражение свежеприготовленной суспензией конидий возбудителя настоящей мучнистой росы *Sphaerotheca fuliginea* (синоним)

Podosphaera xanthii проводили в контролируемых лабораторных условиях: температура 23 °С, влажность 60-70 %, фотопериод 12 часов – день/12 часов – ночь. В период заражения, растения двое суток содержались в условиях темноты. Для заражения использовали изолят из теплицы, полученный с восприимчивого японского генотипа.

Для получения удвоенных гаплоидов огурца методом гиногенеза, донорные растения выращивали в кондиционируемой вегетационной камере. Женские бутоны изолировали с использованием ваты и на следующий день, рано утром, срывали. Поверхностную стерилизацию завязей проводили в ламинарном боксе, используя 5 % гипохлорит натрия. После стерилизации завязь разрушали и выделяли семяпочки с помощью препаровальных игл, неповрежденные семяпочки помещали на поверхность индукционной питательной среды.

В работе использовалась питательная среда ИМС (Induction Medium for Cucurbitaceae) с добавлением сахарозы 30 г/л, агар-агара 7 г/л, ампициллина 200 мг/л и TDZ (тиадиазурина) 0,2 мг/л, рН= 5,8, если не указано иное. Нормально развитые образовавшиеся проростки растений переносили на безгормональную питательную среду MS (Murashige, Skoog) с добавлением сахарозы 30 г/л и агар-агара 7 г/л, если не указано иное.

Растения-регенеранты, с хорошо развитой корневой системой, переносили в вегетационные сосуды, заполненные смесью торфа и перлита (7:3), накрывали на 7 суток перфорированными стаканчиками для адаптации к условиям *ex vitro*. По мере их роста проводили пересадку в горшки большего объема (5 л или 8 л). Семенное потомство растений-регенератов получали путем инцухтирования. Определение ploидности растений-регенерантов проводили методом проточной цитометрии клеточных ядер.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием общепринятых математико-статистических методов с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2016 для Windows 10 и Statistika 7.0.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Результаты оценки коллекционных образцов огурца

В 2018-2021 годах в питомнике исходного материала были изучены 50 коллекционных образцов огурца.

Большинство изучаемых образцов отличались женским типом цветения. Высокая завязываемость плодов на растении (50,85-71,55 %) отмечена у 13 из них. Самую высокую выраженность этого признака имели гибриды: Артист F₁ (71,55 %), Лель F₁ (71,09 %) и Монисиа F₁ (67,64 %).

В весенней пленочной теплице, на естественном инфекционном фоне, в 2018 году симптомы настоящей мучнистой росы отсутствовали у гибридов Амур 1801 F₁, Артист F₁ и Семенис F₁, а в 2021 году – у гибридов Семенис F₁, Кибрия F₁ и СВ 4097 ЦВ F₁. В 2022 году гибридные популяции Семенис F₂ и Кибрия F₂ не поразились мучнистой росой. У этих образцов был зафиксирован наименьший процент распространения корневых гнилей, что говорит об их выносливости к возбудителям этих заболеваний (Таблица 1).

Таблица 1 – Поражение коллекционных образцов огурца мучнистой росой и корневыми гнилями на естественном инфекционном фоне (Весенняя теплица, 2021-2022 гг.)

Коллекционный образец	Поколение F ₁ 20.08.2021				Поколение F ₂ 25.07.2022			
	Мучнистая роса			Корневые гнили	Мучнистая роса			Корневые гнили
	Сб, балл		P, (%)	P, (%)	Сб, балл		P, (%)	P, (%)
	min-max	\bar{x}			min-max	\bar{x}		
StS. – 1771	1,0-1,5	1,2	100		4,0	4,0	100	
Бьорн F ₁	0,2-0,5	0,4	66	75	0-1,0	0,3	42	0
Катарина F ₁	1,0-1,5	1,3	100	40	0-1,5	1,0	85	25
Кибрия F ₁	0	0	0	16,7	0	0	-	0
Мадрилене F ₁	0,4-0,8	0,6	15	40	-	-	-	0
Саунд F ₁	0-0,5	0,3	25	20	4,0	4,0	60	0
СВ 4097 ЦВ F ₁	0	0	0	20	0-0,3	0,2	5	0
Семенис F ₁	0	0	0	16,7	0	0	-	0

В 2020-м году наибольшую выносливость к ложной мучнистой росе на естественном инфекционном фоне продемонстрировали: СВ 4097 ЦВ F₁, Мальчик с пальчик F₁, Семенис F₁. Гибрид Семенис F₁ был наиболее вынослив к этому заболеванию и в 2021-м году. Следует отметить, что эти образцы не были поражены корневыми гнилями.

Отобраны образцы, наиболее соответствующие модели сорта, по форме и окраске плода.

3.2. Получение удвоенных гаплоидов огурца в культуре неопыленных семяпочек

3.2.1 Влияние стадии развития женского гаметофита на индукцию гиногенеза

Введение в культуру *in vitro* семяпочек, из завязи уже раскрытого женского цветка, во время цветения, обеспечило повышение индукции гиногенеза в 2 раза по сравнению с семяпочками, введенными в культуру *in vitro* за сутки до цветения завязи.

3.2.2 Подготовка эксплантов перед введением в культуру *in vitro*

Для получения стерильной культуры достаточно ступенчатой поверхностной стерилизации эксплантов в течение 5-7 минут в препарате

«Белизна». Однако более длительная обработка стерилизующим раствором, до 15 минут, способствует размягчению стенок завязи, в результате чего семяпочки удастся извлекать более легко и менее травматично для них.

Подобран эффективный метод разрушения завязи для облегчения процесса извлечения семяпочек (Рисунок 1).

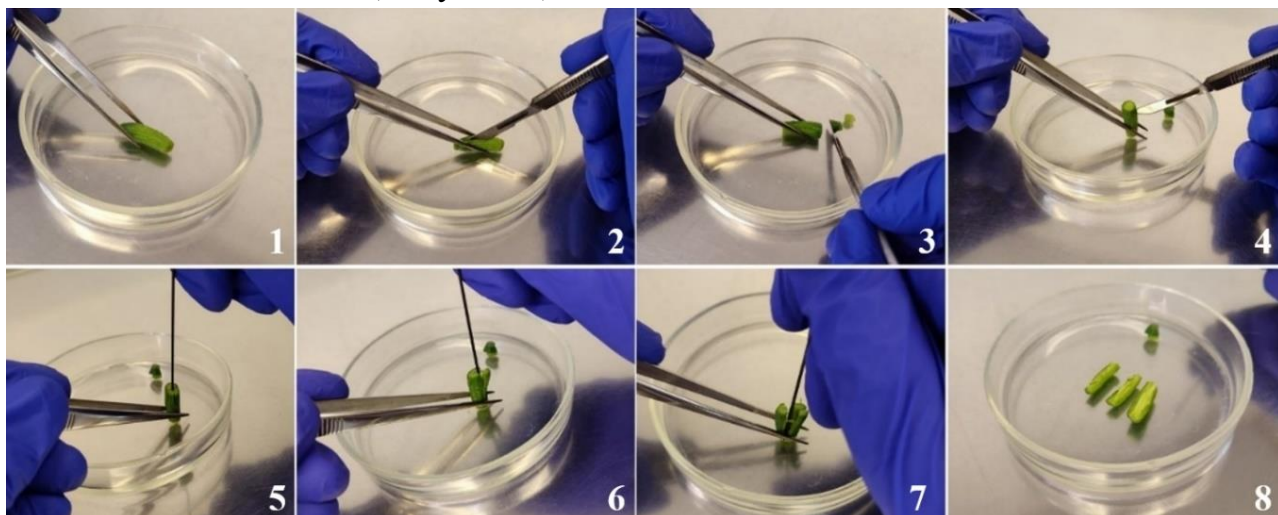


Рисунок 1 – Метод разрушения завязи на семенные камеры с помощью препаровальной иглы (пошаговое изображение)

После ступенчатой стерилизации, в условиях ламинарного бокса, необходимо сделать на завязи поверхностные надрезы скальпелем и проколоть в центре, на все ее длину, препаровальной иглой. Затем вынуть иглу и скальпелем, в месте трещин, сделать надрезы и завязь распадется по швам прорастания на три части. Каждая из частей – семенная камера, на плацентах которой будут открыто «лежать» семяпочки, их легко извлекать, поскольку они не окружены мякотью и не выступает сок.

Для огурца метод стерилизации краткосрочным обжиганием оказался не эффективным и термически повреждал завязи, ингибируя гиногенное развитие.

При введении в культуру *in vitro* фрагментов завязи большая часть семяпочек травмируется и не способна в дальнейшем формировать эмбриоподобные структуры. Кроме того, происходит быстрое разрастание соматических тканей, которые сдавливают развивающиеся семяпочки.

3.2.3 Разработка оптимального состава питательной среды для индукции гиногенеза

Гелеобразующий агент. На 2 изученных генотипах было показано, что на питательной среде ИМС, при использовании в качестве гелеобразующего агента Phytigel, площадь семяпочек увеличивается быстрее, на 0,06 мм² в сутки, чем при использовании агар-агара. Скорость увеличения семяпочек на агар-агаре не

превышала 0,02 мм²/сутки, в то время как на Phytigel™ она достигала 0,13 мм²/сутки.

Несмотря на быстрый рост неопыленных семяпочек на питательной среде с Phytigel™, больше индуцированных семяпочек было получено на питательной среде, где гелеобразующим агентом являлся агар-агар. Разница в среднем количестве индуцированных семяпочек у изученных генотипов, на разных гелеобразующих агентах, составляла 1,4-1,5 раз.

TDZ и 2,4-D. Добавление к индукционной питательной среде ИМС тидиазурона, в низких концентрациях, повышает количество индуцированных семяпочек. Так при использовании концентрации 0,04 и 0,2 мг/л было получено максимальное количество индуцированных семяпочек для обоих генотипов. После включения в состав среды ИМС сразу двух компонентов 2,4-D и TDZ, в низких концентрациях, наибольшая индукция была достигнута при их соотношении 1:2, соответственно. При соотношении 2:1 количество индуцированных семяпочек было ниже контроля (безгормональная среда ИМС). В случае добавления к питательной среде ИМС только 2,4-D не удалось добиться индукции семяпочек выше контроля.

Основной состав питательной среды. Было изучено девять различных вариантов питательных сред: на основе MS, ИМС и СВМ с добавлением TDZ 0,04 мг/л и AgNO₃ 10 мг/л, на трех генотипах: №118, №119, №120.

Включенные в данный эксперимент генотипы отличались достаточно низкой отзывчивостью к индукции гиногенеза, а при использовании питательных сред без TDZ и AgNO₃, вне зависимости от используемой основной питательной среды, не образовывали эмбриогенного каллуса и эмбриоидов вообще. Максимальное количество индуцированных семяпочек было получено на питательной среде – СВМ с TDZ 0,04 мг/л и AgNO₃ 10 мг/л, для генотипа №118 – 15,45 %, для генотипа №119 – 11,82 %. На питательных средах ИМС и MS индукция была ниже 10 % для всех генотипов, кроме генотипа №119, на среде ИМС с TDZ 0,04 мг/л и AgNO₃ 10 мг/л она составляла 12,27 %. Для генотипов №118 и №119, на питательной среде MS с TDZ 0,04 мг/л и AgNO₃ 10 мг/л, удалось получить наибольшее количество эмбриогенного каллуса, из которого в дальнейшем были получены растения-регенеранты в культуре неопыленных семяпочек *in vitro*.

Проведенный эксперимент показал, что добавление нитрата серебра в концентрации 10 мг/л в сочетании TDZ 0,04 мг/л, вне зависимости от используемой основной питательной среды, приводит к увеличению индукционной способности изолированных семяпочек огурца, в том числе и для генотипов с низкой отзывчивостью.

3.2.4 Влияние температурной обработки на индукцию гиногенеза

На питательных среда MS, CBM, IMC с TDZ 0,04 мг/л и AgNO₃ 10 мг/л были изучены три варианта температурной обработки: +25 °С (контроль), +28 и +32 °С в течение 7 дней в темноте. В дальнейшем, для всех вариантов опыта, культивирование проводили при +25 °С и фотопериоде 16/8 (день/ночь). В качестве донорных растений использовались два селекционных генотипа огурца №201 и №202.

Использование обработки повышенными температурами введенных в культуру семян, обоих генотипов, приводило к увеличению их количества в 1,3-2,3 раза по сравнению с контролем. Однако для генотипа №201 наилучшие результаты были получены при использовании температурной обработки +28 °С, в то время как для генотипа №202 лучший результат был получен при температуре +32 °С.

По результатам проведенного эксперимента можно предположить, что для увеличения индукции гиногенного развития неопыленных семян огурца требуется обработка повышенными температурами, которую необходимо подбирать индивидуально для каждого генотипа.

3.2.5 Влияние состава питательной среды на регенерацию растений из гиногенного каллуса

Полученный каллус, на среде MS с TDZ 0,04 мг/л и AgNO₃ 10 мг/л, был разделен на части и перенесен шесть питательных сред с целью подбора оптимального состава для быстрого развития растений (Рисунок 2).

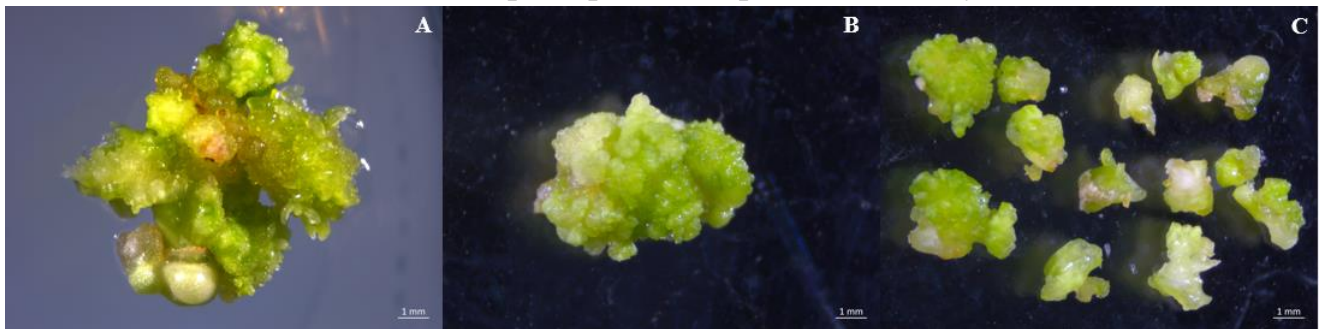


Рисунок 2 – Этапы подготовки каллуса для эксперимента по изучению влияния состава питательной среды на регенерацию растений из гиногенного каллуса;

А – Раскрывшаяся семечка с каллусом генотипа №119; В – Отдельный каллус до разрезания; С – Каллус после разрезания на фрагменты

В качестве основной регенерационной питательной среды использовалась среда MS, которая была модифицирована добавлением различных экзогенных регуляторов роста: гиббереллиновой кислоты (GA₃), 6-бензиламинопурина (6-BA), 1-Нафталинуксусная кислота (NAA) и нитрата серебра (AgNO₃). Всего было исследовано шесть различных вариантов

питательных сред, которые включали в себя различные сочетания этих регуляторов роста.

На питательной среде MS с 6-BAР 3 мг/л и NAA 0,05 мг/л каллус развивался быстрее, чем в остальных вариантах опыта, и уже к 70-м суткам культивирования начинался процесс геммогенеза, наблюдалось формирование отдельных листьев и укороченных розеток (Рисунок 3 А, В).

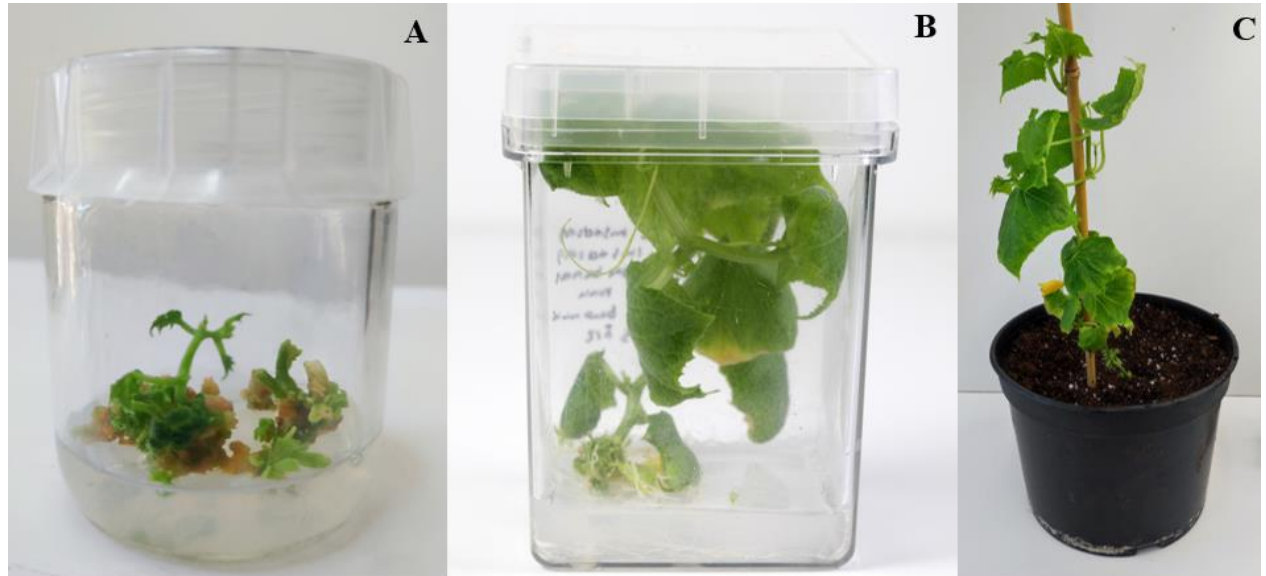


Рисунок 3 – Формирование растения огурца из гиногенного каллуса: А – Образование микропобегов из каллуса на питательной среде MS с 6-BAР 3 мг/л и NAA 0,05 мг/л; В – Укорененное растение на питательной среде MS Б/Г; С – Акклиматизированное к условиям *in vivo* растение

Полученные розетки листьев, как правило, хорошо подвергались микроклональному размножению, вследствие чего было получено по несколько клонов каждого образца. При культивировании на данной питательной среде удалось получить первые полноценные растения, которые были высажены в грунт (Рисунок 3 С).

На питательных средах, содержащих в своем составе GA_3 и $AgNO_3$, у образующихся побегов отмечалось образование мужских цветков при культивировании *in vitro*.

Больше всего растений было получено на питательных средах MS с добавлением 6-BAР 3 мг/л и NAA 0,05 мг/л (17 растений) и MS с добавлением 6-BAР 3 мг/л, NAA 0,05 мг/л и GA_3 0,1 мг/л (13 растений). Добавление $AgNO_3$ к регенерационным питательным средам, не способствовало увеличению количества полученных растений. Наименьшее количество растений было получено на средах MS: с добавлением GA_3 0,1 мг/л (5 растений) и с добавлением GA_3 0,1 мг/л, 6-BAР 3 мг/л и $AgNO_3$ 10 мг/л (8 растений).

3.2.6 Определение ploидности методом проточной цитометрии

Плоидность и содержание ДНК образцов определяли с использованием внешней стандартизации (стандарты и исследуемые образцы изучали одновременно при одинаковых настройках цитометра).

В качестве стандартного значения содержания ДНК использовали опубликованные для *Cucumis sativus* L. значения $1C$ (pg) = 0,90. Таким образом, для диплоидных контрольных образцов за средние значения $2C$ (pg) принимались $2C = 1,800$ pg .

Средний индекс разницы Mean PI-A пика G1/G0 (самого левого на гистограмме), по сравнению с контролем, для растений с диплоидным набором хромосом составил 1,0, для группы с триплоидным набором хромосом – 1,5 и для группы с тетраплоидным набором хромосом – 2,0 (Рисунок 4).

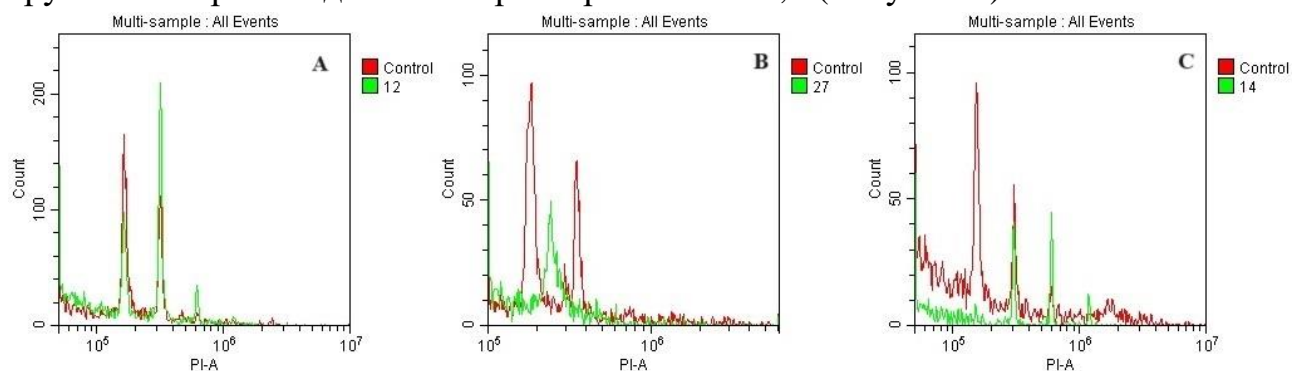


Рисунок 4 – Примеры гистограмм образцов огурца (*Cucumis sativus* L.): А – гистограмма с наложением образца № 12, значение $2C = 1,725$ pg ($2n$) (зеленая гистограмма) и контроля $2C = 1,800$ pg (красная гистограмма); В – гистограмма с наложением образца № 27, значение $2C = 2,708$ pg ($3n$) (зеленая гистограмма) и контроля $2C$; С – гистограмма с наложением образца № 14, значение $2C = 3,665$ pg ($4n$) (зеленая гистограмма) и контроля $2C$

Из общей выборки полученных растений-регенерантов были выявлены: диплоидные ($2n$) образцы, со средним значением ДНК $2C = 1,835$ pg ; триплоидные ($3n$) образцы со средним значением ДНК $2C = 2,708$ pg и тетраплоидные ($4n$) образцы со средним значением ДНК $2C = 3,576$ pg .

3.2.7 Технология получения удвоенных гаплоидов огурца в культуре неопылённых семян

На подготовительном этапе получения удвоенных гаплоидов огурца, в культуре неопылённых семян, донорные растения выращиваются в условиях кондиционируемой вегетационной камеры с лампами досвечивания и регулируемым температурным режимом 24 ± 1 °C круглосуточно и фотопериодом 16 часов – день/8 часов – ночь. В работе используются завязи с раскрытым цветком, в день цветения (FL), которые за сутки предварительно изолируют ваткой от случайного опыления (Рисунок 5).

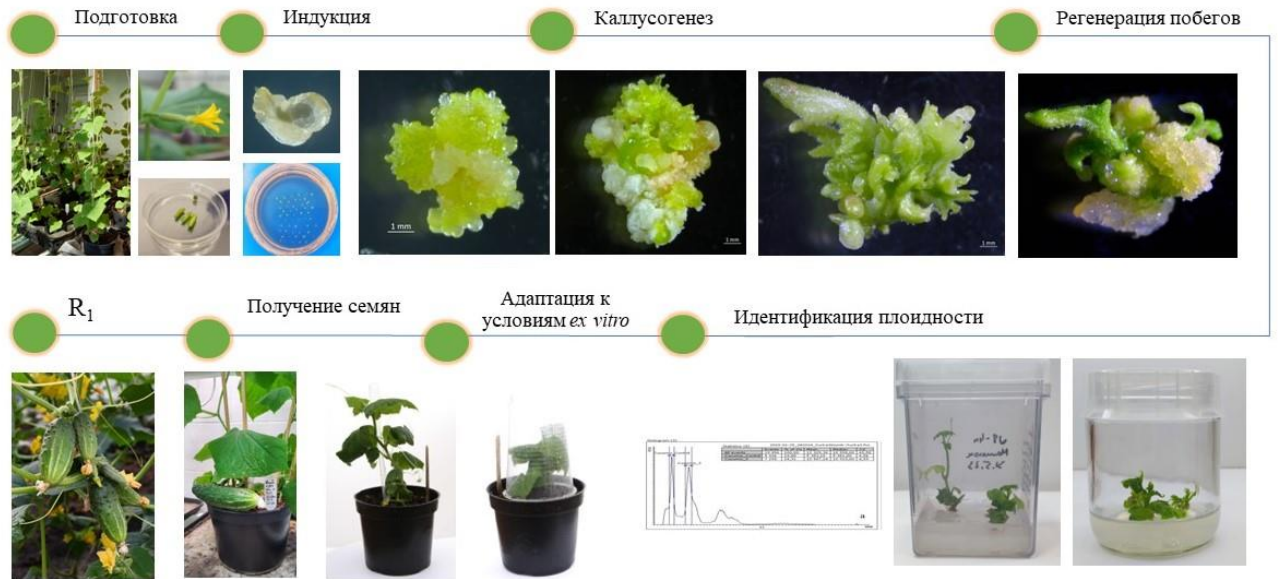


Рисунок 5 – Технология получения удвоенных гаплоидов огурца (*Cucumis sativus* L.) в культуре неопылённых семяпочек

Поверхностную стерилизацию завязей проводят в 5% растворе гипохлорита натрия в течение 15 минут. Разрушать завязь рекомендуется механическим способом с помощью препаровальных игл и скальпеля. Семяпочки вводят на твердую питательную среду, имеющую в своем составе TDZ 0,04/0,2 мг/л и AgNO_3 10 мг/л (начало этапа индукции). Для стимуляции гиногенного развития проводят температурную обработку $+28\text{ }^\circ\text{C}$ / $+32\text{ }^\circ\text{C}$ (оптимальный режим подбирается индивидуально для каждого генотипа) в течение 7 дней в темноте. Дальнейшее культивирование проводят на свету при температуре $+25\text{ }^\circ\text{C}$ и фотопериоде 16/8 (день/ночь), пересаживая на свежую питательную среду каждые 2-3 недели. Образование каллуса наблюдается к 70-м суткам. До появления проростков растений-регенерантов каллус культивируют на питательной среде MS с добавлением 6-BAР 3 мг/л и NAA 0,05 мг/л, пересаживая каждые 3-4 недели на свежую питательную среду. Для укоренения хорошо сформированные проростки переносят на безгормональную питательную среду MS. На этом этапе проводится оценка плоидности полученного материала. Растения-регенеранты с диагностированным диплоидным набором хромосом ($2n=2x=14$), достигшие в культуральном сосуде максимальной высоты, с хорошо развитой корневой системой, переносят для адаптации в условия *ex vitro* для получения семенного потомства (R_1).

На питательной среде ИМС с добавлением сахарозы 30 г/л, агар-агара 7 г/л, ампициллина 200 мг/л и TDZ 0,2 мг/л, pH = 5,8 удалось индуцировать образование каллуса и получить растения огурца на 10-ти генотипах. На питательной среде MS с добавлением сахарозы 30 г/л, агар-агара 7 г/л,

ампициллина 200 мг/л и TDZ 0,04 мг/л, AgNO₃ 10 мг/л, pH = 5,8 получены растения на 2 генотипах (Таблица 2).

Таблица 2 – Выход растений-регенерантов огурца в культуре неопыленных семян

Генотип	Введено семян, шт.	Количество индуцированных семян, шт.	Доля индуцированных семян, %	Количество полученных растений, шт.
IMC с добавлением сахарозы 30 г/л, агар-агара 7 г/л, ампициллина 200 мг/л и TDZ 0, 2 мг/л, pH = 5,8				
№1697/10	386	131	33,60 ± 4,2b	3
№1763	1212	468	37,00 ± 5,1b	12
№1806	163	20	16,70 ± 10,4d	-
№1807	280	26	9,48 ± 1,2e	2
№1808	349	236	60,40 ± 15,4ab	3
№1809	100	53	55,44 ± 19,6a	4
№1810	214	131	63,10 ± 18,9a	-
№1811	362	147	42,20 ± 12,1b	2
№201	750	184	25,80 ± 3,2c	5
№202	750	202	27,43 ± 2,8bc	-
№203	750	76	10,57 ± 1,7e	10
№831	750	159	21,45 ± 4,4c	3
№58	750	126	17,80 ± 4,3d	7
			$\bar{x} = 39,74$	$\Sigma = 51$
MS с добавлением сахарозы 30 г/л, агар-агара 7 г/л, ампициллина 200 мг/л, TDZ 0,04 мг/л, AgNO ₃ 10 мг/л, pH = 5,8				
№118	750	34	5,00 ± 0,9b	12
№119	750	66	9,77 ± 1,2a	27
№120	750	42	6,22 ± 1,7ab	-
			$\bar{x} = 6,99$	$\Sigma = 40$

Примечание: представленные значения являются средними для трех независимых экспериментов с тремя повторами внутри каждого опыта. Для каждого генотипа использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), а средние значения сравнивались с использованием критерия множественных диапазонов Дункана (MRT). Значения, отмеченные одинаковой буквой, не имели достоверных различий при $p \leq 0.05$.

На питательных средах IMC и MS было получено 91 растение огурца. Максимальное количество растений-регенерантов (из разных семян) и впоследствии ДН-линий, было получено из образцов №119 и №1763 – 27 и 12 штук соответственно. Все полученные линии были оценены по хозяйственно полезным признакам и лучшие из них включены в селекционный процесс.

3.3. Создание родительских форм для гетерозисных гибридов огурца

3.3.1. Оценка образцов огурца, полученных в культуре неопыленных семян

Семенное потомство растений-регенерантов огурца, полученных методом гиногенеза, было высажено в весеннюю пленочную теплицу в 2022-2023 гг.

В 2022 году, из растений-регенерантов образца №1763 выделилась линия №1763 – 27-3-2021. Растения женского типа цветения. Количество завязей в узле – от 1 до 6 шт. Образец обладал слабой степенью партенокарпии (29,3 %), но соответствовал модели сорта по признакам: раннеспелость, женский тип цветения, характеристики плода. Линия была включена в селекционную работу (Рисунок 6).

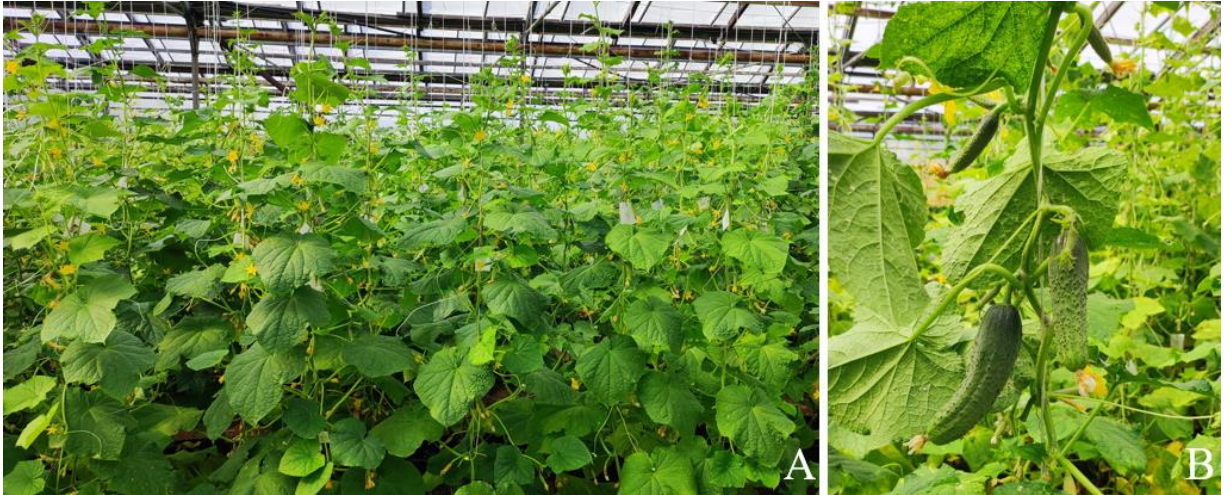


Рисунок 6 – Гиногенная линия №1763 – 27-3-2021 (Весенняя теплица, 2022 год): А – Общий вид растений; В – Плоды огурца на растении

В 2023 году выделилась линия №119–1–3012, представляющая собой семенное потомство растений-регенерантов образца №119. Растения женского типа цветения. Количество завязей в узле – от 2 до 3 шт. Образец обладал сильной степенью партенокарпии (69,01 %) и интересен для селекции (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Гиногенная линия №119–1–3012 (Весенняя теплица, 2023 год): А – Общий вид растений; В – Плоды огурца на растении

Другие линии, полученные методом гиногенеза, имели высокую степень выравненности по морфологическим признакам. Однако, большинство из них, были андромоноцийного типа цветения и относились к группе среднеспелых сортов.

3.3.2. Селекция на партенокарпию

Селекцию по созданию партенокарпических форм вели в изолированной от насекомых теплице. Для исследования партенокарпии в работу был вовлечен выровненный селекционный материал, полученный в результате отборов и четырех и более инцухтирований (самоопылений). В течение 3 лет, по этому признаку, было изучено около 40 селекционных линий.

У большинства селекционных образцов уровень партенокарпии с каждым годом повышался в результате жестких отборов по этому признаку. Количество образцов с сильной степенью партенокарпии росло от 10 % (2021 год) до 69 % (2023 год). В 2021-м году образцов с очень сильной степенью партенокарпии обнаружено не было, в 2022-м году таких образцов было 4 %, а в 2023-м – 16 %. Степень выраженности партенокарпии у лучших селекционных линий в 2022 году, по сравнению с 2021-м годом, увеличилась на 17,1 %, а в 2023 году, по сравнению с 2022-м годом – на 10,35 % (Рисунок 8).

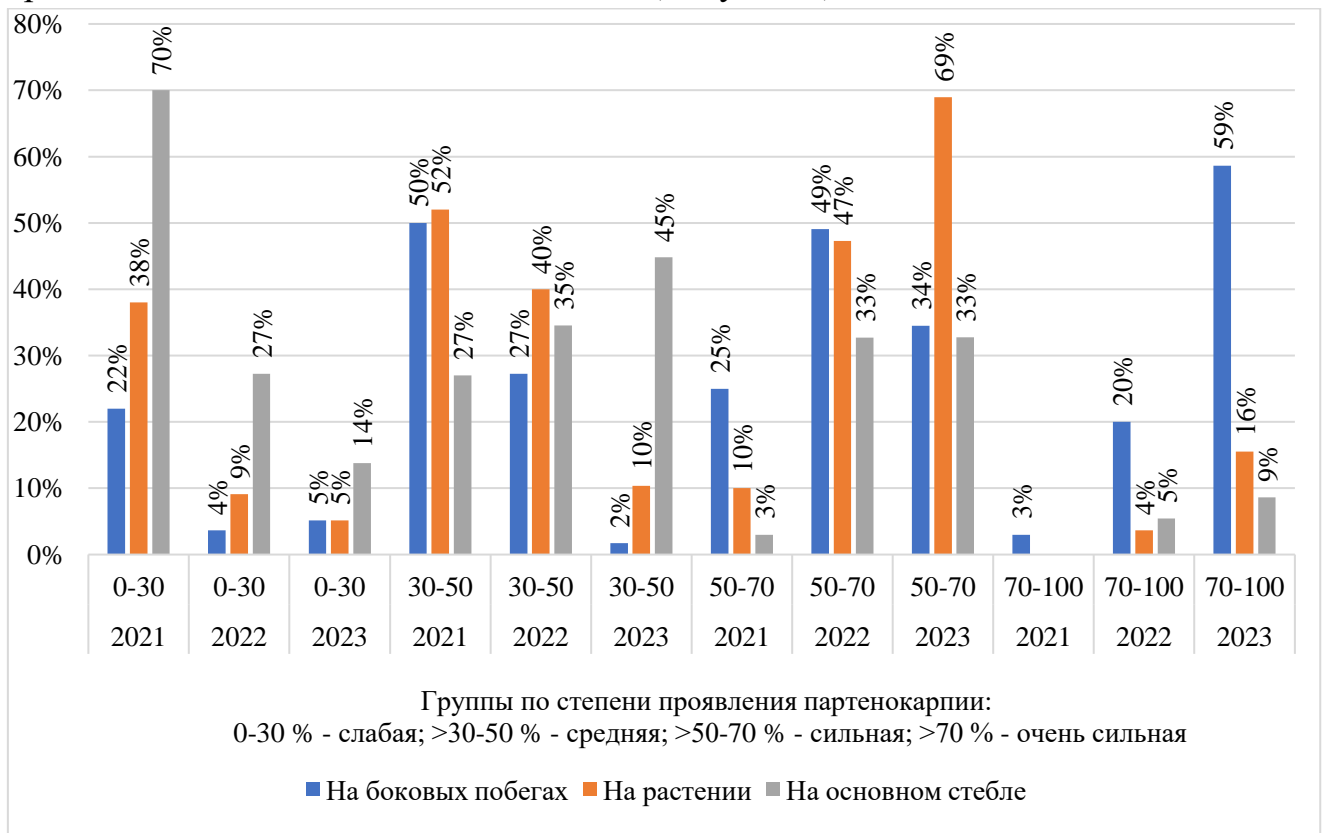


Рисунок 8 – Степень проявления партенокарпии у селекционных образцов огурца (Весенняя теплица)

В среднем, за 3 года исследований, по завязываемости плодов без опыления линии: Л-132, Л-135, Л-157, Л-161, Л-178, Л-211 не уступали стандарту Герман F₁. Линии Л-132, Л-135, Л-161 отличались высокой степенью партенокарпии и стабильностью проявления этого признака по годам.

По результатам 2023 года, среди образцов с букетным расположением завязи в узле, в группу с хорошо выраженной партенокарпией можно отнести следующие образцы: Л-128, Л-174; со средне выраженной партенокарпией: Л-143, Л-150, Л-202.

Коэффициент корреляции указывает на среднюю прямую связь между степенью партенокарпии по годам ($r = 0,6$ и $0,65$).

Был изучен характер наследования признака партенокарпии гибридами огурца в первом поколении. У половины изучаемых гибридных комбинаций был отмечен положительный гетерозисный эффект по завязываемости плодов без опыления, по сравнению с их родительскими формами. В гибридных комбинациях: Л-171 x Л-196 ($h_p = 13,1$) и Л-197 x Л-171 ($h_p = 10,9$) наблюдался самый высокий гетерозис.

Гибридные комбинации от скрещиваний с отцовской формой Л-130 проявили гетерозис, а с отцовской формой Л-196 отличались доминированием и сверхдоминированием по признаку партенокарпии. В гибридных комбинациях с участием в качестве материнской формы Л-198 отмечен гетерозис по этому признаку. Очевидно, вышеуказанные формы обладают хорошей комбинационной способностью по признаку завязываемости плодов без опыления. Отрицательное доминирование и сверхдоминирование были отмечены в комбинациях с участием в качестве отцовской формы Л-132.

3.3.3. Селекция на устойчивость к ложной мучнистой росе (*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curt) Rostow.)

В 2022 и 2023 годах 35 перспективных линии огурца партенокарпического типа оценивали на устойчивость к ложной мучнистой росе на естественном инфекционном фоне в условиях открытого грунта Подмосковья.

В оба года исследований, пять образцов (Л-161, Л-170, Л-188 - 2, Л-196 - 1, Л-210 - 1) по интенсивности поражения пероноспорой были на уровне толерантного стандарта, сорта Суражевский. Процент распространения болезни у линий с минимальным баллом поражения, при первом учете составлял 30-45 % (у толерантного стандарта – 10 %), при втором учете – 40-53 % (у толерантного стандарта – 30 %). Самые неустойчивые образцы, уже при первом учете поразились на 70-80 %.

В весенней теплице в условиях Приморского края в 2022-м году по толерантности к ложной мучнистой росе выделились две гибридные

комбинации: Л-161 х Л-210 и Л-129 х Л-210 - 1. Следует отметить, что Л-210-1 и Л-161 были одними из лучших по устойчивости к этому заболеванию в условиях Подмосковья.

Наиболее целесообразно использовать в селекции на устойчивость к возбудителю пероноспороза линии огурца, отобранные в условиях открытого грунта Подмосковья: Л-48, Л-161, Л-170, Л-188 - 2, Л-196-1, Л-210 - 1.

3.3.4. Селекция на устойчивость к мучнистой росе (*Sphaerotheca fuliginea* Poll)

В течение двух лет исследований (2021 и 2022 годы) в необогреваемых пленочных теплицах на естественном инфекционном фоне проводили учеты поражения селекционных образцов огурца возбудителем настоящей мучнистой росы *Sphaerotheca fuliginea* (синоним) *Podosphaera xanthii*.

Из 36 селекционных образцов огурца на 11-ти не были обнаружены симптомы настоящей мучнистой росы в течение 2-х лет исследования. У двенадцати линий интенсивность поражения составила не более 0,5 балла. Следует отметить, что на большинстве из них симптомы настоящей мучнистой росы были обнаружены лишь в один из двух лет исследований. Распространение болезни на этих образцах составило от 20 до 100 %. Наиболее ценными из них были две линии (Л-128 и Л-150), на которых мучнистая роса поразила не более 20-30 % растений.

Для более достоверной оценки устойчивости к мучнистой росе, ряд селекционных линий оценили при искусственном заражении в контролируемых условиях.

В результате комплексной фитопатологической оценки были выделены новые генетические источники устойчивости к мучнистой росе: Л-129, Л-130, Л-143, Л-168 и Л-208. Образцы Л-178 и Л-210, не поразившиеся на естественном, но поразившиеся на искусственном инфекционном фоне, не более, чем на 10 %, также можно использовать в селекции на устойчивость к этому заболеванию.

3.3.5. Характеристика лучших линий огурца партенокарпического типа

В результате селекционной работы были отобраны, по комплексу хозяйственно полезных признаков 14 линий огурца партенокарпического типа. Большинство из них (10 шт.) зацвели одновременно со стандартом, гибридом Герман F₁. Все селекционные линии отличались раннеспелостью – вступили в плодоношение на 41-50-е сутки после полных всходов. Семь из выделенных линий отличались высокой степенью партенокарпии, не ниже, чем у гибрида Герман F₁, остальные – средней степенью партенокарпии (Таблица 3).

Таблица 3 – Оценка лучших линий огурца по комплексу хозяйственно полезных признаков (Весенняя теплица, 2023 год)

Образец	Всходы – начало цветения, сутки	Половой тип	Партенокарпия	Устойчивость к болезням		Ветвление
				Rx	Rcu	
St. Герман F ₁	33-36	Ж ₀ -Ж ₁	Сильная	+	Не устойчив	сильное
Л-129	36-38	Ж ₀	Средняя	+++	Не устойчив	среднее
Л-130-1	36-38	СМ	Сильная	+++	Не устойчив	сильное
Л-132	33-36	Ж ₀ -Ж ₃	Сильная	+	Не устойчив	сильное
Л-135	33-34	Ж ₀	Сильная	+	Не устойчив	сильное
Л-143	33-34	Ж ₀	Средняя	+++	Не устойчив	слабое
Л-157	33-35	Ж ₁ -Ж ₃	Сильная	+	Не устойчив	сильное
Л-161	35-36	Ж ₀	Сильная	+	Повышенная	сильное
Л-170	31-33	Ж ₀ -Ж ₃	Средняя	+	Повышенная	среднее
Л-178	32-34	Ж ₀ -Ж ₃	Сильная	+	Не устойчив	сильное
Л-188	35-38	Ж ₀	Средняя	Средняя	Повышенная	сильное
Л-196	34	Ж ₀	Средняя	+++	Повышенная	Оч. сильное
Л-208	32-34	Ж ₀	Средняя	+	Не устойчив	среднее
Л-210 - 1	33-36	Ж ₀	Средняя	+++	Повышенная	среднее
Л-211	33-35	Ж ₀	Сильная	+	Не устойчив	сильное

Примечания: + – поражение в слабой степени; ++ – не поражаются мучнистой росой на естественном инфекционном фоне; +++ – не поражаются мучнистой росой, как на естественном, так и на искусственном инфекционном фоне.

В 2023 году, в результате тщательного отбора по этому признаку, у образцов Л-129, Л-196, Л-210 были выделены семьи с высокой степенью партенокарпии. Пять линий (132, 135, 157, 178, 211) имели женский или преимущественно женский тип цветения, хорошую завязываемость плодов (на уровне стандарта). Данные линии не поражались совсем, либо поражались в слабой степени мучнистой росой на естественном инфекционном фоне, но в сильной степени поражались ложной мучнистой росой.

Самыми ценными были Л-210-1 и Л-196, отличающиеся женским типом цветения, устойчивостью к мучнистой росе на естественном и искусственном инфекционных фонах, а также толерантностью к ложной мучнистой росе. Линия Л-170 – преимущественно женского типа цветения, отличалась повышенной устойчивостью к ложной и настоящей мучнистой росе, отобраны семьи с высокой степенью партенокарпии.

Выделенные линии имели красивый бугорчатый зеленец с белым опушением и генетически закрепленным отсутствием горечи. По окраске, форме и размеру плода большинство из них соответствовали разработанной модели сорта.

3.4. Оценка новых гибридных комбинаций по комплексу хозяйственно полезных признаков

В 2023 году в необогреваемой пленочной теплице типа «Блочная» по комплексу хозяйственно полезных признаков было изучено 27 гибридных комбинаций, полученных от скрещиваний пятнадцати материнских и восемнадцати отцовских форм. Урожай оценивали с 23.06 по 01.08.2023 года, сборы проводили через 2 суток. В качестве стандарта использовали гибрид Герман F₁, широко используемый для выращивания в весенних пленочных теплицах. Сборы проводили через 2 суток.

Большинство гибридных комбинаций (22 шт.) были женского типа цветения (Ж₀), имели от 1 до 4 завязей в узле. Букетным расположением завязи в узле (от 4 до 6 штук) отличались – Л-128 х Л-167 и Л-165 х Л-202.

Все гибридные комбинации характеризовались ранним вступлением в плодоношение. Двенадцать новых гибридных комбинаций огурца превзошли по показателю ранней урожайности плодов, за первые 10 суток плодоношения, стандарт Герман F₁ на 34-146 %. Наиболее высокую прибавку показали гибридные комбинации: Л-210 х Л-129 (247 % к st.) и Л-128 х Л-167 (192 % к st.) (Таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность новых гибридных комбинаций огурца (КСИ, Весенняя теплица, 2023 год)

Гибридная комбинация, F ₁	Урожайность, кг/м ²				Товарных плодов, %
	Ранняя		Общая		
	\bar{x}	% к st.	\bar{x}	% к st.	
St. Герман F ₁	0,73		10,20		98,70
Л-128 х Л-167	1,40	192	13,80	135	98,10
Л-170 х Л-196 - 1	0,98	134	11,00	108	98,40
Л-196 х Л-35	0,60	82	13,05	128	97,10
Л-210-1 х Л-64	0,60	82	15,40	151	98,30
Л-210 х Л-129	1,80	247	11,30	111	98,20
Л-210-1 х Л-190-22	0,50	68	10,40	102	98,50
Л-211 х Л-135	1,00	137	11,10	109	99,30
Л-211 х Л-333/22	0,60	82	13,00	127	98,60
НСР ₀₅	0,22		0,7		

Самую высокую общую урожайность (15,4 кг/м²) показала гибридная комбинация Л-210-1 х Л-64 – на 5,2 кг/м² больше, чем у стандарта (151 % к st.). Она уже второй год выделяется по урожайности плодов не только в весенне-летнем, но и зимне-весеннем обороте в условиях теплицы типа «Ришель» (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Плоды гибридной комбинации Л-210-1 x Л-64
(Весенняя теплица, 2023 год)

Урожайность плодов выше, чем у стандарта показали еще шесть гибридов F₁. Превышение составило от 0,8 до 3,6 кг/м². Высокой урожайностью плодов отличались все гибридные комбинации с участием Л-211 в качестве материнской формы. Они превысили стандарт на 8-27 %. Очевидно, эта материнская форма обладает высокой общей комбинационной способностью по урожайности.

Большинства гибридных комбинаций имели товарность плодов 96-99 %. Все изучаемые гибридные комбинации имели короткий (длиной 8-11 см) зеленец с бугорчатой поверхностью и генетически закрепленным отсутствием горечи.

Гибридная комбинация Л-170 x Л-196 – 1 наиболее соответствовала разработанной модели сорта по результатам 2-х летних испытаний. Гибрид передан на испытание в Государственную комиссию Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») в 2023 году под названием Дэнди F₁.

Ценность гибрида: выносливость к перепадам температур; раннеспелость – начало съемной спелости на 43-47 сутки после полных всходов; хорошая завязываемость плодов, повышенная устойчивость к настоящей мучнистой росе. Длина зеленца – 9,5-11,0 см, диаметр 2,6-3,2 см, масса 45-60 г. Зеленец отличается темной окраской и отсутствием рисунка; высокими вкусовыми качествами, предназначен для употребления в свежем виде и консервирования. (Рисунок 10).



Рисунок 10 – Плоды гибрида огурца Дэнди F₁
(Весенняя теплица, 2023 год)

По результатам дегустационного оценки и биохимического анализа плодов Дэнди F₁ не уступал стандарту Герман F₁.

Рентабельность выращивания выше, чем у стандарта имели 8 гибридных комбинаций. Самой рентабельной гибридной комбинацией (54,99 %) оказалась Л-210-1 х Л-64. Экономическая эффективность, при ее выращивании составила 122 %, выручка – 2 270,73 Р, чистый доход – 1 248,73 Р, при затратах 1022 Р.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Введение в культуру семян, из завязей женских цветков, в день распускания бутонов повышает в 2 раза количество образовавшихся эмбриоподобных структур, по сравнению с использованием семян из завязей, за сутки до распускания цветков.

2. Для получения стерильной культуры, достаточно провести поверхностную стерилизацию завязи в течение 5-7 минут в 5 % растворе гипохлорита натрия. Увеличение времени стерилизации до 15 минут, позволяет дополнительно размягчить стенку завязи и облегчить извлечение семян.

3. Подобран оптимальный способ механического раскрытия завязи с использованием препаровальной иглы, упрощающий процесс извлечения семян и позволяющий уменьшить их травмирование, по сравнению с традиционным методом разрезания завязи скальпелем.

4. Добавление AgNO₃ 10 мг/л и TDZ 0,04 мг/л к питательным средам: MS, СВМ и ИМС способствует усилению индукции неопыленных семян, образующих морфогенный каллус.

5. Из потомства полученных удвоенных гаплоидов выделены по хозяйственно ценным признакам линии огурца (№1763 – 27-3-2021 и №119–1–3012) с высокой степенью выравненности по морфологическим признакам и вовлечены в селекционный процесс.

6. Жесткий отбор селекционных образцов по степени партенокарпии позволил улучшить этот признак в среднем на 10,3-17,1 %, в зависимости от года исследований и генотипов изучаемых образцов.

7. Проявление партенокарпии у гибридов F_1 варьировало от положительного гетерозиса до промежуточного уровня и отрицательного доминирования и сверхдоминирования. У 45 % изученных гибридных комбинаций отмечен положительный гетерозисный эффект по признаку партенокарпии, что указывает на возможность отбора линий с высокой комбинационной способностью. Самый высокий гетерозисный эффект наблюдался в гибридных комбинациях: Л-170 x Л-196 ($hp= 13,1$) и Л-197 x Л-170 ($hp= 10,8$).

8. В условиях открытого грунта Подмосковья отобраны линии огурца партенокарпического типа толерантные к ложной мучнистой росе: Л-48, Л-161, Л-170, Л-188 - 2, Л-196, Л-210 - 1.

9. На основе комплексной фитопатологической оценки на искусственном и естественном инфекционных фонах, в условиях Нечерноземной зоны, выделены новые генетические источники устойчивости к мучнистой росе *S. fuliginea*: Л-129, Л-130, Л-143, Л-168, Л-208.

10. Созданы 14 новых оригинальных короткоплодных линий огурца партенокарпического типа, отличающиеся комплексом хозяйственно полезных признаков. Линии Л-196 и Л-210-1, с повышенной устойчивостью к ложной и настоящей мучнистой росе, могут быть использованы в селекции на групповую устойчивость к этим болезням.

11. Семь новых гибридных комбинаций превысили стандарт по общей урожайности плодов на 0,8-5,2 кг/м² (8-51 %) и отличались высоким качеством и товарностью плодов.

12. Создан и передан на государственное испытание в ФГБУ «Госсорткомиссия» гибрид огурца партенокарпического типа для весенних теплиц, характеризующийся комплексом хозяйственно полезных признаков – Денди F_1 .

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В качестве генетических источников высокой степени партенокарпии рекомендуется использовать – Лель F_1 , Артист F_1 , Монисиа F_1 ,

Эксельсиор F₁; букетного расположения завязей – Три танкиста F₁, Маринда F₁, Кураж F₁, Санькина любовь F₁, Могучая кучка F₁.

2. Для ускоренного получения и увеличения выхода линий огурца в культуре неопыленных семяпочек *in vitro* рекомендуем использовать разработанные элементы технологии.

3. Для получения гетерозисных гибридов огурца рекомендуют использовать линии, получившие всестороннюю хозяйственно-биологическую оценку:

- с высокой степенью партенокарпии: Л-132, Л-135, Л-157, Л-161, Л-178, Л-211;
- толерантные к ложной мучнистой росе: Л-48, Л-161, Л-170, Л-188 - 2, Л-196, Л-210 - 1;
- устойчивые к мучнистой росе: Л-129, Л-130, Л-143, Л-168, Л-208;
- с повышенной устойчивостью к настоящей и ложной мучнистой росе: Л-196 и Л-210-1.

4. Рекомендуем для производственных испытаний в пленочных теплицах новые высокоурожайные партенокарпические гибриды огурца: Л-210-1 х Л-64; Л-28 х Л-167; Л-196 х Л-35 и переданный в ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ» в 2023 году гибрид Дэнди F₁

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ:

1. Белов С. Н. Получение удвоенных гаплоидов огурца (*Cucumis sativus* L.) / Е. А. Домблides, **С. Н. Белов**, А. В. Солдатенко, В. Ф. Пивоваров // Овощи России. – 2019. – № 5. – С. 3-14. DOI:10.18619/2072-9146-2019-5-3-14
2. Белов С. Н. Получение ДН-растений огурца (*Cucumis sativus* L.) в культуре неопыленных семяпочек *in vitro* / Е. А. Домблides, Н. А. Шмыкова, **С. Н. Белов**, И. Б. Коротцева, А. В. Солдатенко // Овощи России. – 2019. – № 6. – С. 3-9. DOI:10.18619/2072-9146-2019-6-3-9
3. Белов С. Н. Влияние различного гелеобразующего агента в составе питательной среды на индукцию гиногенного развития неопыленных семяпочек огурца (*Cucumis sativus* L.) / **С. Н. Белов** // Овощи России. – 2022. – № 5. – С. 15-23. DOI:10.18619/2072-9146-2022-5-15-23
4. Белов С. Н. Селекция огурца на партенокарпию для весенних теплиц / И. Б. Коротцева, **С. Н. Белов** // Овощи России. – 2022. – № 6. – С. 29-34. DOI:10.18619/2072-9146-2022-6-29-34

5. Белов С.Н. Оценка перспективных линий огурца партенокарпического типа на устойчивость к ложной мучнистой росе в условиях открытого грунта Подмосковья / И. Б. Коротцева, **С. Н. Белов**, М. Е. Слетова, Н. А. Сакара, И. А. Ванюшкина, Т. С. Тарасова, Н. А. Синиченко // Овощи России. – 2023. – № 6. – С. 5-10. DOI:10.18619/2072-9146-2023-6-5-10

6. Белов С.Н. Селекция огурца для весенних пленочных теплиц на устойчивость к настоящей мучнистой росе / И.Б. Коротцева, **С.Н. Белов**, М.Е. Слетова // Овощи России – 2024. – № 1 – С. 61-67. DOI:10.18619/2072-9146-2024-1-61-67

Прочие издания и материалы конференций:

7. Белов С.Н. Улучшенный способ введения в культуру *in vitro* неопыленных семян огурца (*Cucumis sativus* L.). / **С.Н. Белов** // Генетические ресурсы растений для генетических технологий: к 100-летию Пушкинских лабораторий ВИР: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, г. Санкт-Петербург, 22–23 июня 2022 г.: тезисы докладов: научное электронное издание / под редакцией Ю. В. Ухатовой, Е. А. Соколовой; Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. - Санкт-Петербург: ВИР, 2022. - 233 с. ISBN 978-5-907145-84-9. DOI:10.30901/978-5-907145-84-9

8. Белов С.Н. Разработка элементов технологии получения удвоенных гаплоидов огурца (*Cucumis sativus* L.) методом гиногенеза / **С.Н. Белов** // Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы: материалы V Международной научной конференции посвященной 135-летию со дня рождения Н. И. Вавилова Генетика и биотехнология XXI века: V Международная научная конференция посвященной 135-летию со дня рождения Н. И. Вавилова. – Минск, 2022. – С. 179 с. – ISBN 978-985-90552-7

9. Белов С.Н. Получение удвоенных гаплоидов огурца (*Cucumis sativus* L.) в культуре неопыленных семян / **С.Н. Белов**, И. Б. Коротцева, Е. А. Домблидес // «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии»: 23-я Всероссийская конференция молодых учёных (Москва, 14 – 16 ноября 2023 г., ФГБНУ ВНИИСБ), сборник тезисов докладов. – М.: ФГБНУ ВНИИСБ, 2023. – 164 с. ISBN 978-5-6049173-7-4

Патенты на изобретения и селекционные достижения

Подано заявление на допуск селекционного достижения к использованию «гибрид огурца Дэнди» (дата регистрации 25.10.2023, № заявки 90001/7653558)